



TUGAS AKHIR - RF141501

**PENENTUAN MAGNITUDO GEMPABUMI DENGAN
MENGANALISA AMPLITUDO ANOMALI MAGNETIK
PREKURSOR GEMPABUMI DAN JARAK *HYPOCENTER* PADA
DAERAH KUPANG**

**ADHITAMA RACHMAN
NRP 3713100006**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002**

**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT
NIP. 19890612 201504 1003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - RF141501

**PENENTUAN MAGNITUDO GEMPABUMI DENGAN
MENGANALISA AMPLITUDO ANOMALI MAGNETIK
PREKURSOR GEMPABUMI DAN JARAK *HYPOCENTER* PADA
DAERAH KUPANG**

**ADHITAMA RACHMAN
NRP 3713100006**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002**

**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT
NIP. 19890612 201504 1003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**DETERMINATION OF EARTHQUAKE MAGNITUDE BY
ANALYZING THE EARTHQUAKE PRECURSOR ANOMALOUS
MAGNETIC AMPLITUDE AND *HYPOCENTER* IN THE KUPANG
AREA**

ADHITAMA RACHMAN
NRP 3713100006

Supervisors
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 198803 1002

Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT
NIP. 19890612 201504 1003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN PREKURSOR GEMPABUMI DENGAN MENGANALISA AMPLITUDO ANOMALI MAGNETIK DAN JARAK HYPOCENTER PADA DAERAH KUPANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 13 April 2017

Menyetujui

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

Dr. Ir. Amien Widodo, MS

NIP. 19591010 198803 1001

Idan Pandu G N R, S.Si., M.T

NIP. 19890612 201504 1003

Mengetahui,

Ketua Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Ir. Amien Widodo, MS
NIP. 19591010 198803 1001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Penentuan Magnitudo Gempabumi dengan Menganalisa Amplitudo Anomali Magnetik Prekursor Gempabumi dan Jarak *Hypocenter* pada Daerah Kupang”** adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 6 Juni 2017

Adhitama Rachman
NRP.3713100006

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENENTUAN MAGNITUDO GEMPABUMI DENGAN MENGANALISA AMPLITUDO ANOMALI MAGNETIK PREKURSOR GEMPABUMI DAN JARAK *HYPOCENTER* PADA DAERAH KUPANG

Nama Mahasiswa : Adhitama Rachman
NRP : 3713100006
Departemen : Teknik Geofisika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
: Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT

ABSTRAK

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Dikarenakan munculnya gempabumi secara tiba-tiba, maka tidak dapat dihindari adanya kerugian secara materi hingga adanya korban jiwa. Akan tetapi saat ini hal tersebut bisa saja dihindari dikarenakan saat ini sudah ada studi yang membahas prekursor gempabumi. Dengan studi ini kita dapat mengetahui kapan, dimana, dan seberapa besar magnitudo suatu gempabumi dengan menganalisis anomali magnetik. Sehingga secara tidak langsung dengan mengetahui anomali magnetik, magnitudo suatu gempabumi dapat diketahui. Anomali magnetik dioalah sehingga menghasilkan amplitudo polarisasi Z/H yang mana amplitudo inilah yang akan menjadi salah satu variable dalam penentuan magnitudo suatu gempabumi. Variabel lain yang digunakan adalah jarak *hypocenter* suatu gempabumi dengan stasiun pengamatan BMKG yang terletak di Kupang. Didapatkan hasil persamaan magnitudo $Mag = 4,36 + 0,0805 \frac{Z}{H} - 0,00201 Hypo$ dengan nilai error selisih hasil $\pm 0.3 M$.

Kata Kunci: Gempabumi, Prekursor Gempabumi, Polarisasi Z/H

“Halaman ini sengaja diosongkan”

DETERMINATION OF EARTHQUAKE MAGNITUDO BY ANALYZING THE EARTHQUAKE PRECURSOR ANOMALOUS MAGNETIC AMPLITUDO AND HYPOCENTER IN THE KUPANG AREA

Student Name : Adhitama Rachman
Student ID Number : 3713100006
Departement : Teknik Geofisika FTSP-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
: Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT

ABSTRACT

Earthquake is the earth's vibrating event due to the sudden release of energy in the earth that is marked by the breaking of rock layers in the earth's crust. The accumulation of the energy that causes earthquakes results from the movement of tectonic plates. The resulting energy is emitted in all directions in the form of earthquake waves so that the effect can be felt up to the surface of the earth. Due to the sudden appearance of the earthquake, it can not be avoided the existence of material loss to the casualties. However, this time it could have been avoided because now there are studies that discuss earthquake precursors. With this study we can know when, where, and how big the magnitudo of an earthquake by analyzing magnetic anomalies. So indirectly by knowing the magnetic anomaly, the magnitudo of an earthquake can be known. Magnetic anomalies are processed to produce the amplitudo of polarization Z / H which is the amplitudo that will be one of the variables in determining the magnitudo of an earthquake. Another variable used is the *hypocenter* distance of an earthquake with BMKG observation station located in Kupang as a reference point. The result of equation of magnitude $Mag = 4,36 + 0,0805 \frac{Z}{H} - 0,00201 Hypo$ with error value of result difference ± 0.3 M.

Key Words: Earthquake, Earthquake Precursor, Polarization Z/H

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Penentuan Magnitudo Gempabumi dengan Menganalisa Amplitudo Anomali Magnetik Prekursor Gempabumi dan Jarak pada Daerah Kupang” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Babeh, Mamih, Icheng, Iky, Kak Nurul, Kak Dewi dan semua keluarga atas dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, M.S dan Mas Juan Pandu G. N. R., S.Si, MT, selaku pembimbing.
3. Bapak Suaidi Ahadi dan Bapak Muhamad Syirojudin selaku mentor di Kantor BMKG Pusat yang telah membimbing dan memberi banyak arahan selama penulis melakukan tugas akhir di perusahaan.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
5. Aysa Ditya Lestari dan keluarga atas dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani tugas akhir ini.
6. Dwiyanto Hadi Prasetya selaku partner kerja dan diskusi selama penulis menjalani tugas akhir
7. Ibor, Dara, Wawan, Faizal, Paul, Fahmi, Pegri, Aisyah, dan Anindya atas dukungan selama penulis menjalani tugas akhir
8. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013 atas dukungannya.
9. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas do'a dan dukungannya.

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak. Penulis menyadari tentunya penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 6 Juni 2017

Adhitama Rachman
NRP. 3713100006

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Medan Magnet	3
2.2 Gempabumi	4
2.2.1 Penyebab Gempabumi	4
2.2.2 Parameter Gempabumi.....	6
2.2.3 Karakteristik Gempabumi	6
2.3 Prekursor Gempabumi.....	7
2.4 Hubungan Gelombang Anomali ULF dengan Gempabumi	7
2.5 Gelombang ULF dan Litosfer-Atmosfer-Ionosfer (LAI) <i>Coupling</i>	8
2.6 Polarisasi Z/H.....	9
2.7 Onset Time	10
2.8 Kondisi Geologi Regional Setempat	11
2.8.1 Nusa Tenggara	11
2.8.2 Timor.....	14
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Data dan Perangkat Lunak	19
3.1.1 Data.....	19
3.1.2 Perangkat Lunak	19
3.2 Metodologi Penelitian	19
3.2.1 Diagram Alir	19
BAB IV PEMBAHASAN	21
4.1 Trend Magnetik Harian	21

4.2	Amplitudo Polarisasi Z/H	23
4.2.1	Spektrum	24
4.2.2	Polarisasi Z/H	25
4.2.3	Nilai Azimuth	27
4.3	Pemetaan Event Gempabumi	27
4.4	Analisa Data dan Pembahasan	29
4.4.1	Penentuan Azimuth Setiap Event Gempa	29
4.4.2	Analisa Azimuth dengan Data Spektrum.....	30
4.4.3	Analisa Polarisasi Z/H dengan Data DST.....	33
4.4.4	Penentuan Persamaan Magnitudo Gempabumi	37
BAB V PENUTUP		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN		45
PROFIL PENULIS		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen-komponen kemagnitan bumi	3
Gambar 2.2. Peta persebaran lempeng	5
Gambar 2.3. Perlapisan bumi	6
Gambar 2.4. Diagram prekursor gempabumi	7
Gambar 2.5. Tiga model dari anomali ULF berasosiasi dengan gempabumi	8
Gambar 2.6. Elektromagnetik <i>coupling</i> dari gelombang ULF di plasmasfer-ionosfer-atmosfer-litosfer.	9
Gambar 2.7. Prekursor gempabumi Padang, 30 September 2009 (Mw=7.6). Panel A, B, C menunjukkan indeks geomagnet Dst, Spektrum komponen horizontal (SZ) Stasiun KTB (Kototabang, Padang - garis merah) dan stasiun referensi DAV (Davao, Filipina – garis biru) dan DAW (Darwin, Australia – garis hijau) (Ahadi dkk, 2014)	10
Gambar 2.8. Peta provinsi NTT	14
Gambar 2.9. Peta zona fisiografi Timor Barat	15
Gambar 2.10. Peta Tektonik Busur Banda	16
Gambar 2.11. Penampang Skematik Utara Baratlaut – Selatan Tenggara dari Busur Banda (Audley-Charles, 1988 op cit Hall & Wilson, 2000)	17
Gambar 2.12. Tektonik Tumbukan di Timor (Jacobson, 1992 op cit Sawyer dkk., 1993	17
Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir	20
Gambar 4.1. Data saat perekaman error	21
Gambar 4.2. Data saat perekaman tidak error	21
Gambar 4.3. Hasil pengolahan trend harian magnetik	22
Gambar 4.4. Pemasukkan data magnetik harian selama 1 bulan dan trend harian magnetik	23
Gambar 4.5. Hasil pengolahan data magnetik selama 1 bulan dan trend harian magnetik	23
Gambar 4.6. Spektrum 1 pada tanggal 1 November 2016	24
Gambar 4.7. Spektrum 2 pada tanggal 1 November 2016	24
Gambar 4.8. Spektrum 3 pada tanggal 1 November 2016	25
Gambar 4.9. Polarisasi Z/H November 2016	25
Gambar 4.10. Polarisasi Z/H Desember 2016	26
Gambar 4.11. Polarisasi Z/H Januari 2017	26
Gambar 4.12. Nilai azimuth pada tanggal 17 November 2016	27
Gambar 4.13. Peta persebaran gempa	28
Gambar 4.14. Peta Titik Event Gempa 5 Januari 2017	29
Gambar 4.15. Azimuth 7 Desember (a), Azimuth 27 Desember (b), Azimuth 25 Desember (c), Azimuth 23 Desember (d)	30
Gambar 4.16. Data spektrum 7 Desember 2016	31
Gambar 4.17. Data spektrum 23 Desember 2016	31

Gambar 4.18. Data Spektrum 25 Desember 2016	32
Gambar 4.19. Data Spektrum 27 Desember 2016	32
Gambar 4.20. Grafik DST Desember 2016	33
Gambar 4.21. Peta Event Gempa 5 Januari yang sudah dipasang azimuth	34
Gambar 4.22. Scatterplot Z/H vs Magintudo dan <i>Hypocenter</i> vs Magnitudo ..	39

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data event gempabumi	28
Tabel 4.2. Data pertimbangan penulis dalam menentukan Azimuth ..	30
Tabel 4.3. Prekursor pilihan tiap event gempa	34
Tabel 4.4. Nilai polarisasi Z/H, <i>hypocenter</i> , dan Magnitudo.....	38

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti yang telah diketahui bahwa permukaan bumi selalu bergerak. Hal ini dikarenakan adanya peristiwa tektonik. Pergerakan permukaan bumi tidaklah menentu sehingga terkadang terdapat peristiwa penumbukkan antara satu lempeng dengan lempeng lainnya. Hal ini lah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi. Selain itu pergerakan lempeng juga menyebabkan stress pada batuan. Batuan yang terus menerus mendapat stress lama-lama akan patah hal ini terjadi apabila batas kemampuan batuan untuk menahan stress telah terlampaui. Patahan inilah yang nantinya akan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya gempa bumi. Dan patahan ini menyebabkan material-material dalam batuan mengalami perubahan, misalnya adanya anomali medan magnet, gravitasi, kandungan air, dan sifat radio aktif.

Teknik geofisika merupakan salah satu disiplin ilmu yang digunakan untuk mengetahui struktur dan keadaan fisik lapisan-lapisan di bawah permukaan bumi. Beberapa metode yang sering digunakan seperti metode resistivitas, gaya berat, magnetik, mikrotremor, dan seismik. Tujuan dari semua metode ini adalah sebagai pendukung untuk mengetahui kondisi dan perkembangan struktur dibawah permukaan bumi. Oleh karena itu seorang geofisikawan tentulah tidak asing dengan gempa bumi.

Akan tetapi tidak ada gunanya jika hanya mengetahui tanpa mengaplikasikan ilmunya untuk mengatasi suatu permasalahan yang ada. Permasalahan yang dimaksud ialah kemunculan gempa yang secara tiba-tiba yang menyebabkan kerugian material bahkan hingga dapat menghilangkan nyawa. Maka dari itu hal yang diperlukan untuk menghindari hal-hal yang merugikan dibutuhkan adanya *early warning systems* agar masyarakat siap dan tau apa yang harus dilakukan untuk menghindari bencana gempa tersebut.

Saat ini terdapat teori yang sedang dikembangkan untuk mengetahui kapan terjadinya suatu gempa bumi dengan meneliti perubahan nilai kemagnitan batuan pada suatu daerah. Karena seperti yang telah saya utarakan sebelumnya bahwa pergerakan lempeng dapat menimbulkan stress yang mengakibatkan terjadinya suatu patahan yang dapat merubah material-material batuan termasuk nilai kemagnitan suatu batuan. Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan perubahan nilai kemagnitan batuan dapat menentukan waktu terjadinya gempabumi dengan kekuatan magnitudo $> 5M$.

Oleh karena itu penulis ingin membahas tentang *prekursor gempa bumi/prediksi gempa bumi*. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan metode magnet sebagai study tentang prekursor gempa bumi. Membahas mengenai seberapa besar gempa yang akan terjadi dan waktu terjadinya dengan

menganalisa amplitudo yang didapat dari anomaly medan magnet serta jarak *hypocenter*. Karena berdasarkan hasil monitoring sebelum gempa bumi terjadi memang ada beberapa tanda yang menunjukkan gejala anomaly tertentu, salah satunya adalah anomaly pada nilai medan magnet. Dan data yang digunakan untuk penelitian ialah data pada daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Menganalisa perubahan magnetik bumi daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur.
2. Mengetahui besarnya suatu event gempa berdasarkan perubahan magnetik di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur.
3. Mengetahui waktu terjadinya suatu event gempa berdasarkan perubahan magnetik di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur.

1.3 Perumusan Masalah

Adapun masalah yang dihadapi pada pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Bagaimana perubahan magnetik bumi daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur?
2. Bagaimana besarnya suatu event gempa berdasarkan perubahan magnetik di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur?
3. Bagaimana waktu terjadinya suatu event gempa berdasarkan perubahan magnetik di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Pelaksanaan Tugas Akhir ini dilakukan di daerah Kupang, Nusa Tenggara Timur dengan radius 500 km dari Stasiun BMKG Kupang.
2. Data perubahan magnetik bumi di dapatkan dari BMKG Pusat Jakarta.

1.5 Manfaat

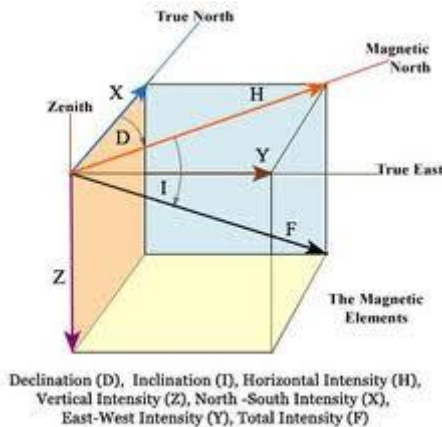
1. Sebagai pembelajaran untuk memahami event gempabumi yang terjadi di daerah Kupang.
2. Sebagai studi secara ilmiah yang menjelaskan pengaruh anomali magnetik untuk mengetahui prekursor gempabumi.
3. Sebagai studi secara ilmiah yang dapat membantu pembuatan early warning system.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Medan Magnet

Medan magnet utama bumi tidak konstan tapi mengalami perubahan terhadap waktu, sesuai keadaan di dalam bumi. Hal tersebut ditunjukkan dalam study paleomagnetik bahwa banyak batuan di kerak bumi yang saling bersebelahan memiliki arah kutub kemagnetan yang berkebalikan. Perubahan kemagnetan bumi akibat aktivitas bumi itu sendiri. Besarnya variasi ini untuk setiap tempat tidak sama. Beberapa ahli menduga perubahan ini diakibatkan aktivitas arus konveksi yang berada di dalam inti bumi yang menimbulkan kelistrikan sehingga medan magnet yang ditimbulkan mempengaruhi medan magnet di sekitarnya. Gerakan inti bumi cair inilah yang memungkinkan arus listrik kemudian menimbulkan medan magnet bumi utama. Dan berdasarkan hasil penelitian para ahli seismologi, bumi terdiri dari bagian inti (outercore yang cair dan innercore yang padat), mantel, dan kerak bumi. Sumber medan magnet utama bumi berasal dalam bumi akibat pengaruh rotasi bumi sehingga material magnetis di inti bumi termagnetisasi karena perputaran bumi pada porosnya. Dan berikut ini komponen-komponen kemagnetan bumi.



Gambar 2.1. Komponen-komponen kemagnetan bumi

Komponen-komponen tersebut merupakan vektor-vektor untuk mewakili hal yang sesungguhnya dimana vektor X, Y, dan H terletak pada bidang horizontal dimana komponen X berada disepanjang sumbu geografis, komponen Y pada timur geografis dan H pada komponen horizontal. Vektor Z merupakan komponen vertikal medan magnet bumi. Vektor F merupakan komponen total medan magnet yang terletak pada bidang vertikal yang memuat komponen H dan

Z. Sudut D merupakan sudut deklinasi yang dibentuk oleh arah utara sebenarnya (X) dengan komponen horizontal (H). Sudut I merupakan sudut inklinasi yang besarnya ditentukan oleh vektor H dan F.

Hubungan medan magnet antar tiap komponennya dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$Z = F \sin I \qquad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$H = F \cos I \qquad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$X = H \cos D \qquad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Y = H \sin D \qquad \dots\dots\dots(2.4)$$

$$F^2 = H^2+Z^2 = X^2+Y^2+Z^2 \qquad \dots\dots\dots(2.5)$$

Besarnya nilai komponen magnet X, Y, Z, D, dan H dapat diperoleh melalui hasil pengukuran baik secara manual maupun digital. Sedangkan besarnya komponen yang lain dapat diperoleh melalui hasil perhitungan. Hasil pengukuran medan magnet bumi di suatu tempat dapat digunakan sebagai parameter dalam mempelajari tentang prekursor gempa bumi (tanda-tanda sebelum terjadinya gempa). Komponen-komponen ini dapat dijadikan sebagai parameter gempa bumi bila nilai-nilai komponen ini mengalami penyimpangan (anomali) dari nilai standarnya sebelum terjadinya gempa bumi.

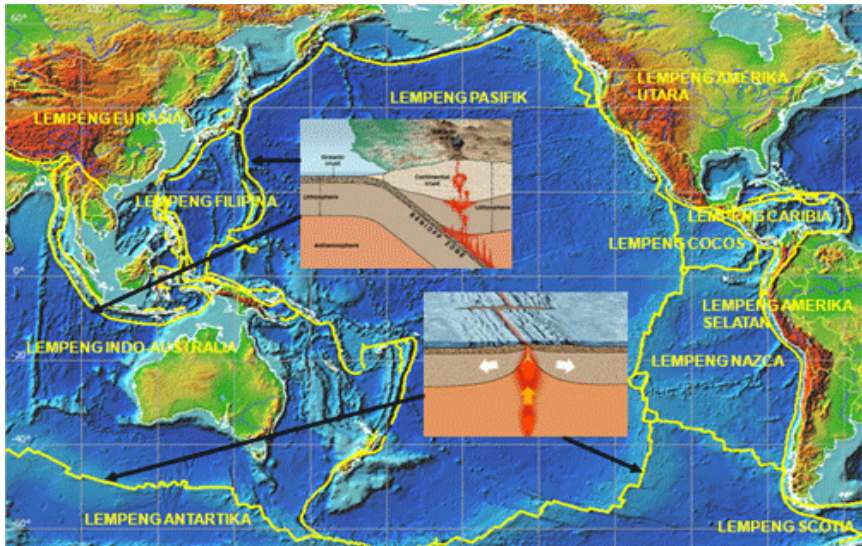
2.2 Gempabumi

Pada dasarnya gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

2.2.1 Penyebab Gempabumi

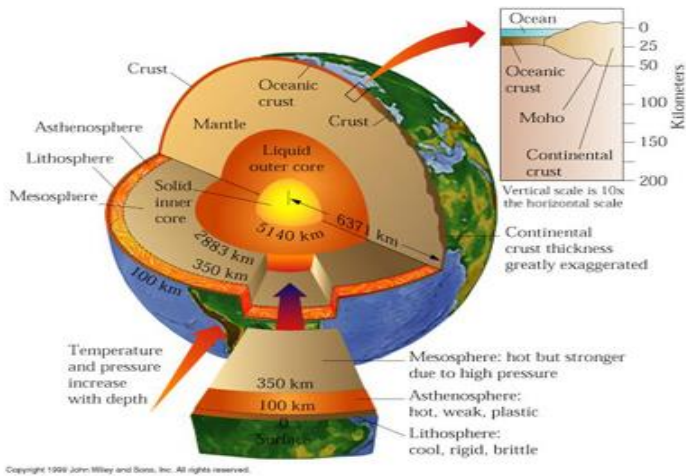
Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik

merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (Continental Drift) dan Pemekaran Dasar Samudra (Sea Floor Spreading).



Gambar 2.2. Peta persebaran lempeng

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (spreading), saling mendekati (collision) dan saling geser (transform).



Gambar 2.3. Perlapisan bumi

Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser. Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

2.2.2 Parameter Gempabumi

Gempabumi memiliki nilai-nilai atau data yang bisa diteliti yang biasa disebut dengan parameter. Parameter yang dimiliki gempa bumi adalah waktu terjadinya gempabumi (*Origin Time*), lokasi pusat gempabumi (*Epicenter*), kedalaman pusat gempabumi (*Depth*), dan terakhir adalah kekuatan gempabumi (*Magnitudo*).

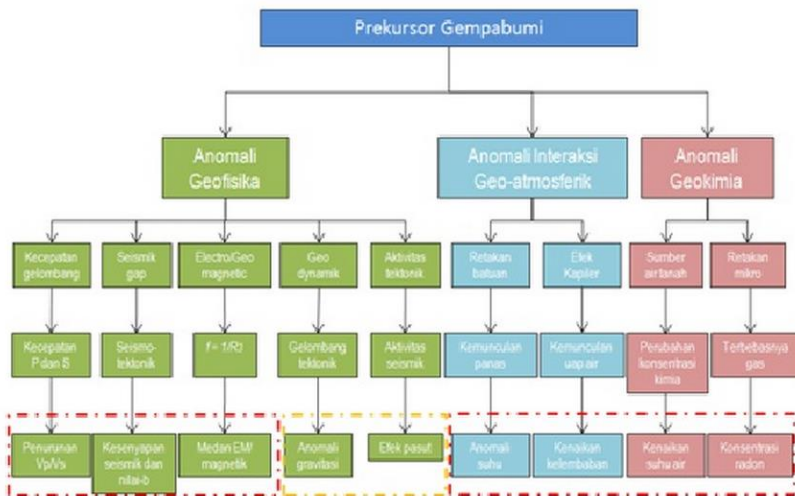
2.2.3 Karakteristik Gempabumi

Selain mempunyai parameter, gempabumi juga memiliki karakteristik. Karakteristik tersebut antara lain berlangsung dalam waktu yang singkat, lokasi kejadian tertentu, dampaknya dapat menimbulkan bencana, berpotensi untuk terulang kembali, belum dapat diprediksi, dan tidak dapat dicegah, akan tetapi dampak yang ditimbulkan dapat diminimalisir.

2.3 Prekursor Gempabumi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Prekursor adalah “senyawa yang mendahului senyawa lain dalam jalur metabolisme”. Dari pengertian tersebut dapat kita tarik bahwa pengertian dari prekursor gempa bumi adalah suatu tanda – tanda atau terjadinya suatu anomali yang menunjukkan bahwa akan terjadi gempa bumi.

Pada saat ini Puslitbang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sedang melakukan penelitian mengenai prekursor gempa bumi. Dalam penelitian ini dibutuhkan berbagai data pengamatan dengan beberapa metode, sehingga diperlukan suatu tahapan penelitian secara berkesinambungan. Data pengamatan yang diperlukan antara lain seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



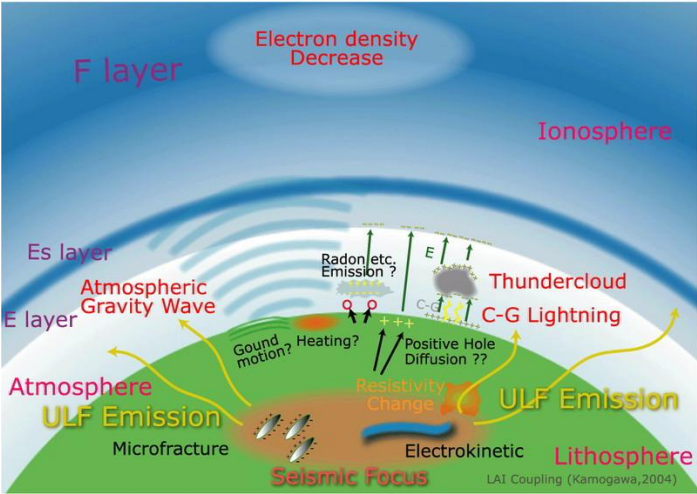
Gambar 2.4. Diagram prekursor gempabumi

Dari Gambar 2.4 kita bisa mengetahui bahwa terdapat 3 anomali yang membantu untuk melakukan prekursor gempa bumi yaitu anomali geofisika, anomali interaksi geo-atmosferik, dan anomali geokimia. Sehingga dengan memadukan ketiga anomali ini kita dapat memprediksi kapan terjadinya gempabumi serta seberapa besar kekuatannya.

2.4 Hubungan Gelombang Anomali ULF dengan Gempabumi

Saat ini diketahui terdapat tiga model yang diketahui untuk mekanisme generasi gelombang ULF seperti pada gambar 2.5. Molchanov dan Hayakawa (1995) dan Molchanov dkk. (2002) mempertimbangkan model pertama

berdasarkan *microfracturing*. Sebelum gempa bumi (EQ), mereka telah mengusulkan agar muatan dibuat di dinding bukaan retak dan gangguan EM dapat dikaitkan dengan keadaan relaksasi muatan. Model kedua, diusulkan oleh Fenoglio dkk. (1995), menggambarkan pecahnya kompartemen tertutup dari sesar yang menghasilkan perubahan tekanan pori yang cepat dan aliran cairan yang tidak stabil yang berakibat pada generisasi sinyal magnetik transien dengan efek elektrokinetik. (Mizutani dkk., 1976; Jouniaux dan Pozzi, 1995; Fenoglio dkk., 1995). Akhirnya, model ketiga untuk mekanisme pembangkitan ULF (selain dari emisi ULF) adalah perubahan konotivitas geo-listrik di litosfer di zona fokus EQ, yang menyebabkan perubahan amplitudo gelombang elektromagnetik yang dipantulkan.



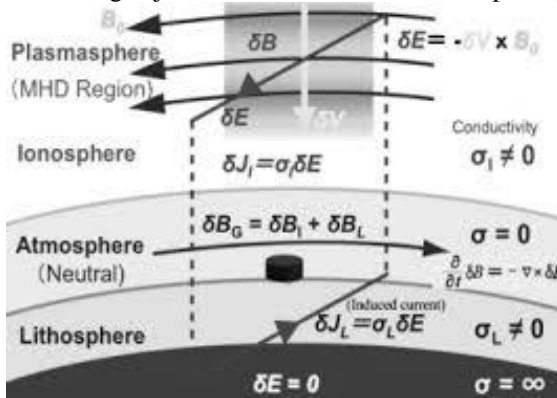
Gambar 2.5. Tiga model dari anomali ULF berasosiasi dengan gempabumi

2.5 Gelombang ULF dan Litosfer-Atmosfer-Ionosfer (LAI) Coupling

Ada tiga jenis anomali gelombang ULF yang terkait dengan gempa besar. Dua jenis pertama adalah emisi ULF yang disebut, yang didorong oleh efek *microfracturing* dan elektrokinetik di wilayah fokus seismik. Yang ketiga adalah perubahan polarisasi ULF (dan *power*) yang disebabkan oleh formasi dari daerah konduktif di litosfer. Di sisi lain, amplitudo gelombang ULF diamati di lapangan menunjukkan variasi musiman, waktu setempat, dan latitudinal (Yumoto, 1986), yang merupakan fungsi parameter pada angin matahari, magnetosfer, ionosfer, dan litosfer, dan Dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Chi dkk., 1996):

$$A = Bf(LT)\sigma, \qquad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana A , B , f , dan σ adalah amplitudo ULF yang diamati di permukaan, parameter gelombang sumber pada angin matahari dan / atau magnetosfer, ketergantungan waktu lokal di ionosfer, dan faktor penguat pada Litosfer, masing-masing. Faktor penguat untuk emisi ULF, yaitu model pertama dan kedua di Bagian 2, harus proporsional dengan besarnya gempa bumi dan berbanding terbalik dengan jarak antara observatorium dan pusat gempa bumi.



Gambar 2.6. Elektromagnetik *coupling* dari gelombang ULF di plasmasfer-ionosfer-atmosfer-litosfer.

gambar. 2.6 menunjukkan diagram skematik kopling elektromagnetik gelombang ULF di atmosfer plasmasfer-ionosfer-atmosfir-litimeter di dekat ekuator pemukul magnetik. Medan listrik (δE) gelombang ULF eksternal di plasmasfer (yaitu, daerah MHD) menimbulkan arus ionosfer (δJ_i), yang menghasilkan medan magnet (δB_i) di tanah. Medan magnet kejadian ini menghasilkan arus yang diturunkan (δJ_L) di bawah tanah. Arus yang diinduksi juga menghasilkan medan magnet tercermin (δB_L) di tanah. Variasi medan magnet total di lapangan menjadi $\delta B_G = \delta B_i + \delta B_L$. Faktor amplifikasi dari Persamaan (2.6) sama dengan $(\delta B_G / \delta B_i = 1.0 + \delta B_L / \delta B_i)$ untuk model ketiga di Bagian 2. Rasio asal ionosferal (kejadian δB_i) terhadap lithospheric one (tercermin δB_L) adalah fungsi dari konduktivitas listrik (σ_i , σ_L) di ionosfer dan litosfer dan gelombang ULF yang menginduksi periode (T). Jika konduktivitas listrik di litosfer tidak terbatas, medan magnet yang dipantulkan sama dengan bidang kejadian, dan sebagai hasilnya, amplitudo tingkat latar belakang diukur dua kali dari medan magnet kejadian (Merzer dan Klemperer, 1997).

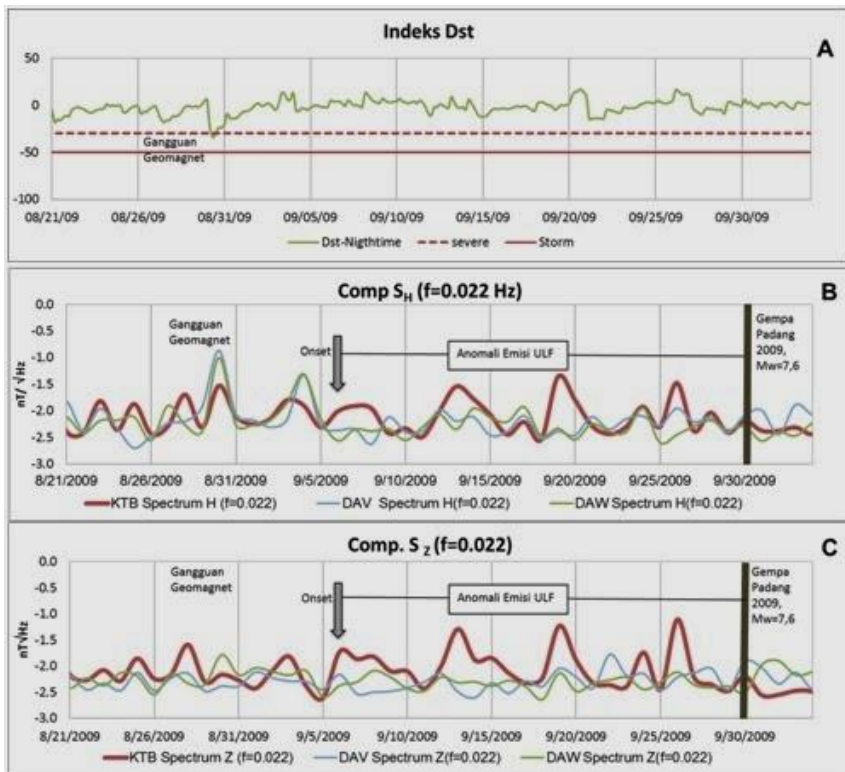
2.6 Polarisasi Z/H

Metode polarisasi rasio sZ/zH digunakan untuk menentukan waktu mula (onset time). Komponen Z adalah komponen vertikal dalam instrumen Magnetograph yang dapat merespon dengan baik aktifitas seismogenik, begitu juga sebaliknya pada komponen H (Horizontal) dapat merespon dengan baik

aktivitas geomagnet global. Penentuan onset time dapat ditentukan apabila rasio sZ/sH melewati batas dari standar deviasinya, sehingga dapat ditentukan sebagai anomali emisi ULF.

2.7 Onset Time

Prekursor atau tanda-tanda awal sebelum terjadinya gempa bumi, merupakan topik yang selalu menarik diperbincangkan. Metode magnet bumi akhir-akhir ini telah memberikan harapan baru dimana gempabumi berkekuatan besar ($M > 7$) dapat memberikan hasil prekursor cukup menyakinkan. Selama empat tahun, BMKG telah melakukan studi prekursor gempabumi menggunakan parameter magnet bumi.



Gambar 2.7. Prekursor gempabumi Padang, 30 September 2009 ($M_w=7.6$).

Panel A, B, C menunjukkan indeks geomagnet Dst, Spektrum komponen horizontal (SZ) Stasiun KTB (Kototabang, Padang - garis merah) dan stasiun referensi DAV (Davao, Filipina - garis biru) dan DAW (Darwin, Australia - garis hijau) (Ahadi dkk, 2014)

Hasil yang diperoleh masih berupa pengenalan karakteristik sinyal magnet ketika terjadi gempa bumi. Prekursor Gempa Padang, 30 September 2009 ($M_w=7,6$) tampak lebih jelas pada stasiun KTB (Kototabang, Padang) menggunakan sensor magnetometer (Gambar 2.7). Sinyal KTB (garis merah) menunjukkan anomali signifikan ditandai dengan puncak amplitudo lebih tinggi dibandingkan stasiun referensi DAV (Davao, Filipina - garis biru) dan DAW (Darwin, Australia - garis hijau) (Ahadi dkk., 2014). Lebih jelas lagi pada panel C dengan komponen pengamatan vertikal SZ pada stasiun KTB, prekursor gempa bumi ditandai dengan tiga puncak gelombang magnet sebagai indikasi pelepasan ion-ion elektromagnetik. Puncak gelombang pertama KTB sekitar tanggal 7 September 2009 dapat ditetapkan sebagai “*onset time*” awal prekursor tepatnya 23 hari menjelang gempa bumi utama. Puncak gelombang tertinggi (1,5 nT) dianggap sebagai selisih nilai saat sebelum dan ketika gempa bumi.

2.8 Kondisi Geologi Regional Setempat

2.8.1 Nusa Tenggara

Nusa Tenggara berada diantara bagian timur pulau Jawa dan kepulauan Banda terdiri dari pulau-pulau kecil dan lembah sungai. Secara fisik, dibagian utara berbatasan dengan pulau Jawa, bagian timur dibatasi oleh kepulauan Banda, bagian utara dibatasi oleh laut Flores dan bagian selatan dibatasi oleh Samudra Hindia. Secara geologi nusa tenggara berada pada busur Banda. Rangkaian pulau ini dibentuk oleh pegunungan vulkanik muda. Pada teori lempeng tektonik, deretan pegunungan di nusa tenggara dibangun tepat di zona subduksi indo-australia pada kerak samudra dan dapat di interpretasikan kedalaman magmanya kira-kira mencapai 165-200 km sesuai dengan peta tektonik Hamilton (1979).

Lempeng tektonik kepulauan Indonesia terletak di penggabungan tiga lempeng utama diantaranya lempeng indo-australia, Eurasia dan pasifik. Interaksi dari ke tiga lempeng tersebut menimbulkan kompleks tektonik khususnya di perbatasan lempeng yang terletak di timur Indonesia.

Bagian timur Nusa Tenggara mulai dari Alor-Kambing-Wetar-Romang, disebut orogene timor dengan pusat undasi di L. Flores. Evolusi orogenik daerah Nusa Tenggara bagian timur ini agak kompleks karena pada masa Mesozoikum muda terjadi penggelombangan yang termasuk sirkum Australia menghasilkan busur dalam dari P. Sumba ke arah timur laut dan busur luar melalui P. Sawu ke timur laut, Namun memasuki periode tertier daerah ini mengalami penggelombangan dengan pusat undasi di Laut Flores sebagai bagian dari sistem Pegunungan Sunda. Keganjilan-keganjilan yang nampak seperti posisi pulau sumba di interdeep, garis arah busur luar Rote-Timor ke arah timur laut nndan sebagiannya, menurut Van Bemmelen adalah warisan dari evolusi Geologis

terdahulu yang tidak dapat dikaitkan dengan sistem penggelombangan masa tertier dari pegunungan Sunda.

Brouwer (1917) mengemukakan absenya aktivitas vulkanisme di daerah ini karena jalan keluarnya magma tersubat sebagai akibat dari pergeseran lempeng Australia ke utara. Pendapat Brouwer ini mendapat tantangan dari para ahli belakangan ini termasuk Van Bemmelen karena tidak ada tanda-tanda yang menunjukkan adanya pergeseran secara lateral ke utara disekitar P. Bantar-P. Alor, tempat mulai absenya aktivitas vulkanisme ke arah timur. Juga tidak ada perubahan arah struktural pada busur luar yang menandakan pengaruh tekanan blok Australia, padahal busur luar inilah yang akan terlebih dahulu tenderita tekanan tersebut. Lebih jauh, Van Bemmelen mengemukakan alasannya bahwa bila ditelusuri terus ke timur maka deretan busur dalam yang tidak vulkanis ini tidak bersambung dengan deretan busur dalam Damar-Banda yang vulkanis, tetapi dengan zona Ambon yang tidak vulkanis.

Menurut Van Bemmelen absennya aktivitas vulkanisme dari Alor ke timur dan juga zona Ambon terjadi karena berbatasan dengan dangkalan sahil. Faktor lokal lainnya yang mungkin berpengaruh adalah:

- Gaya endogen dari lapisan tektonosfer telah habis
- Puncak asthenolithnya mungkin mengalami pembekuan sehingga saluran magma yang keluar tersumbat.

Sumbu geantiklin di Nusa Tenggara makin ke timur makin tenggelam. Hal ini dapat dilihat dari selat-selat antar pulau yang makin ke timur makin dalam (di sebelah barat pulau Tamar rata-rata kurang dari 200 meter, sedang sebelah timurnya makin dalam yaitu antara Pantar-Alor= 1140m, Alor-Kambing=1260m, Kambing=1040 m, Wetar-Roman=lebih 2000 m, sebelah timur Roman kira-kira 4000 m).

Wilayah Kepulauan Nusa Tenggara timur dan sekitarnya merupakan bagian dari kerangka sistem tektonik Indonesia. Daerah ini termasuk dalam jalur pegunungan Mediteranian dan berada pada zona pertemuan lempeng. Pertemuan kedua lempeng ini bersifat konvergen, di mana keduanya bertumbukan dan salah satunya, yaitu lempeng Indo-Australia, menyusup ke bawah lempeng Eurasia. Batas pertemuan lempeng ini ditandai dengan adanya palung lautan (oceanic trough), terbukti dengan ditemukannya palung di sebelah selatan Pulau Timor yang dikenal sebagai Timor through.

Pergerakan lempeng Indo- Australia terhadap lempeng Eurasia mengakibatkan daerah Kepulauan Alor sebagai salah satu daerah yang memiliki tingkat kegempaan yang cukup tinggi di Indonesia berkaitan dengan aktivitas benturan lempeng (plate collision). Pergerakan lempeng ini menimbulkan struktur-struktur tektonik yang merupakan ciri-ciri sistem subduksi, yaitu Benioff Zone, palung laut, punggung busur luar (outer arc ridge), cekungan busur luar (outer arc basin), dan busur pegunungan (volcanic arc).

Selain kerawanan seismik akibat aktivitas benturan lempeng, kawasan Alor juga sangat rawan karena adanya sebuah struktur tektonik sesar naik belakang busur kepulauan yang populer dikenal sebagai back arc thrust. Struktur ini terbentuk akibat tunjaman balik lempeng Eurasia terhadap lempeng Samudra Indo-Australia. Fenomena tumbukan busur benua (arc-continent collision) diduga sebagai pengendali mekanisme deformasi sesar naik ini.

Back arc thrust membujur di Laut Flores sejajar dengan busur Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara dalam bentuk segmen-segmen, terdapat segmen utama maupun segmen minor. Fenomena sesar naik belakang busur kepulauan ini sangat menarik untuk diteliti dan dikaji mengingat sangat aktifnya dalam membangkitkan gempa- gempa tektonik di kawasan tersebut.

Sesar ini sudah terbukti nyata beberapa kali menjadi penyebab gempa mematikan karena ciri gempanya yang dangkal dengan magnitudo besar. Berdasarkan data, sebagian besar gempa terasa hingga gempa merusak yang mengguncang Bali, Nusa Tenggara Barat, dan NTT disebabkan oleh aktivitas back arc thrust ini, dan hanya sebagian kecil saja disebabkan oleh aktivitas penyusupan lempeng.

Sesar segmen barat dikenal sebagai Sesar Naik Flores (Flores Thrust) yang membujur dari timur laut Bali sampai dengan utara Flores. Flores Thrust dikenal sebagai generator gempa- gempa merusak yang akan terus-menerus mengancam untuk mengguncang busur kepulauan.

Sesar ini menjadi sangat populer ketika pada tanggal 12 Desember 1992 menyebabkan gempa Flores yang diikuti gelombang pasang tsunami yang menewaskan 2.100 orang. Sesar ini juga diduga sebagai biang terjadinya gempa besar di Bali yang menewaskan 1.500 orang pada tanggal 21 Januari 1917. \

Sesar segmentasi timur dikenal sebagai Sesar Naik Wetar (Wetar Thrust) yang membujur dari utara Pulau Alor hingga Pulau Romang. Struktur ini pun tak kalah berbahaya dari Flores Thrust dalam “memproduksi” gempa- gempa besar dan merusak di kawasan NTT, khususnya Alor. Sebagai contoh bencana gempa bumi produk Wetar Thrust adalah gempa Alor yang terjadi 18 April 1898 dan gempa Alor, 4 Juli 1991, yang menewaskan ratusan orang.

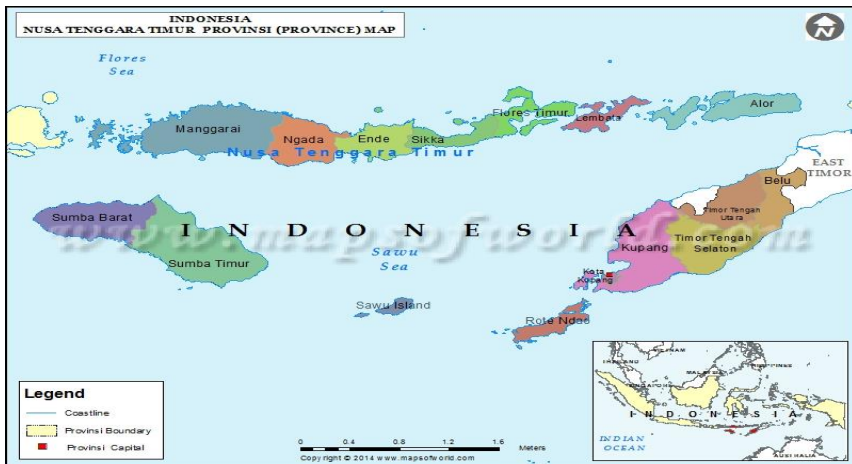
Berdasarkan tinjauan aspek seismisitas dan tektonik tersebut, dapat disimpulkan bahwa tingginya aktivitas seismik daerah Kepulauan Alor disebabkan kawasan kepulauan ini diapit oleh dua generator sumber gempa, yaitu dari arah selatan Alor, berupa desakan lempeng Indo-Australia, dan di sebelah utara Alor, terdapat sesar aktif busur belakang (Wetar Thrust).

Adapun gempa Alor yang terjadi 12 November 2004 besar kemungkinannya disebabkan oleh aktivitas Wetar Thrust. Di samping karena episenternya yang memang berdekatan dengan Wetar Thrust, gempa tersebut juga memiliki kedalaman normal (dangkal).

Gempa dangkal adalah salah satu ciri utama gempa akibat aktivitas sesar aktif. Faktor pendukung lain adalah hasil analisis solusi bidang sesar yang

menunjukkan sesar naik (thrust fault), yang juga merupakan ciri mekanisme gempa back arc thrust. Gambaran seismisitas dan kerangka tektonik di atas kiranya cukup memberikan gambaran yang menyeluruh bahwa Kepulauan Alor dan sekitarnya sangat rawan terhadap bencana kebumihan, seperti gempa bumi dan tsunami.

Bagi masyarakat Alor, kondisi alam yang kurang “bersahabat” ini adalah sesuatu yang harus diterima sehingga mau tidak mau, suka tidak suka, semua itu adalah risiko yang harus dihadapi sebagai penduduk yang tinggal dan menumpang di batas pertemuan lempeng tektonik.



Gambar 2.8. Peta provinsi NTT

2.8.2 Timor

Pulau Timor dapat dibagi menjadi dua kawasan yaitu Timor Barat dan Timor Timur (Timor Leste). Daerah penelitian sendiri termasuk dalam kawasan Timor Barat yang secara administratif termasuk dalam wilayah negara Indonesia. Timor Barat secara umum disusun oleh barisan perbukitan bergelombang, dataran tinggi, dan dataran rendah yang tersebar di beberapa tempat. Menurut Sani dkk. (1995), kawasan Timor Barat dapat dibagi menjadi tiga zona fisiografi (Gambar 2.9) yaitu:

- Barisan Perbukitan Utara (Northern Range) Zona ini dicirikan oleh barisan perbukitan dengan topografi yang rapat dan keras. Adapun litologi penyusun dari zona ini adalah batuan dari kompleks melange serta batuan dari tepi kontinen Australia yang berumur Paleozoikum-Mesozoikum.
- Cekungan Tengah (Central Basin) Zona ini dicirikan oleh dataran rendah dengan kemiringan landai yang disusun oleh endapan synorogenik klastik dan karbonat berumur Neogen Akhir.

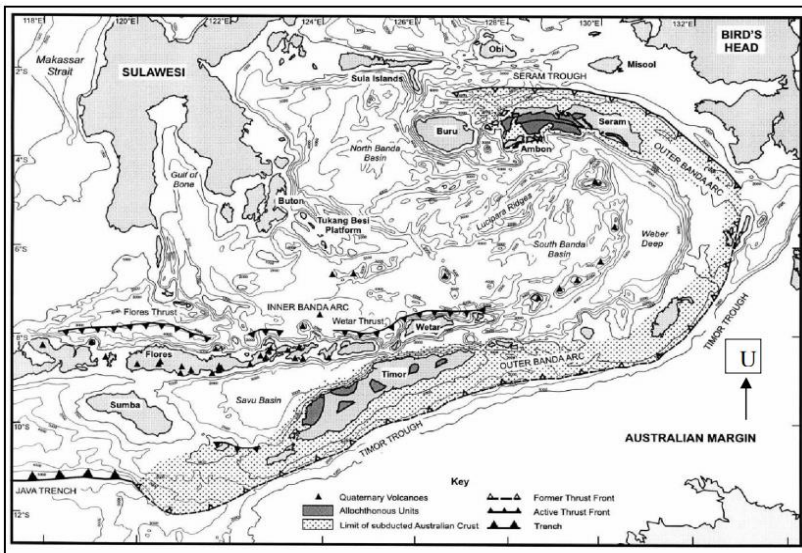
- Barisan Perbukitan Selatan (Southern Range) Zona ini dicirikan oleh barisan perbukitan yang merupakan rangkaian lembar sesar naik (thrust sheet). Zona ini sendiri disusun oleh batuan berumur Trias-Miosen yang termasuk dalam Sekuen Kekeno dan Sekuen Kolbano. Zona ini juga terkadang disebut sebagai Perbukitan Kolbano.



Gambar 2.9. Peta zona fisiografi Timor Barat

Timor merupakan pulau terbesar dan paling selatan diantara pulau-pulau lain seperti Tanimbar, Kai, dan Seram yang membentuk Busur Banda. Busur Banda sendiri dipisahkan dari paparan benua Australia oleh Terusan Timor dengan kedalaman 3 km (Barber, 1981). Kemunculan Timor erat kaitannya dengan Busur Banda yang merupakan busur kepulauan ganda berbentuk tapal kuda yang merupakan pertemuan antara 3 lempeng utama yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia (Hamilton, 1979). Busur Banda sering juga disebut Banda Suture karena merupakan zona pertemuan dari tiga lempeng yang berbeda (Hall & Wilson, 2000). Secara umum Busur Banda (Gambar 2.10) dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu: · Busur Banda bagian dalam, merupakan busur vulkanik yang terdiri atas batuan vulkanik dominan kalk-alkali, serta endapan vulkaniklastik dan karbonat. · Busur

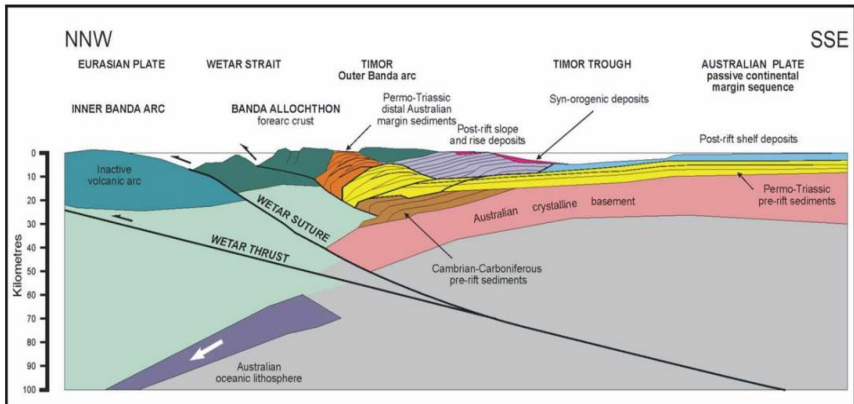
Banda bagian luar, terdiri atas campuran batuan beku, sedimen, dan metamorf dengan struktur geologi yang kompleks. Timor sendiri termasuk dalam Busur Banda bagian luar.



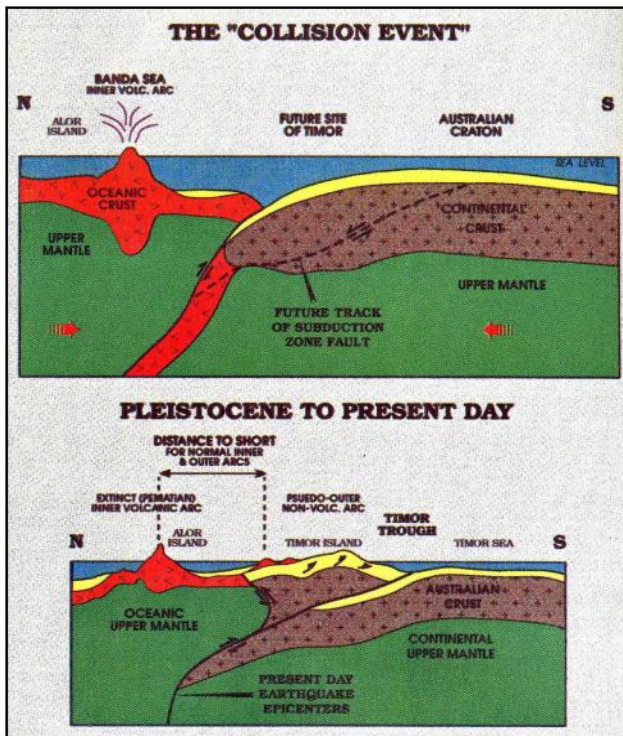
Gambar 2.10. Peta Tektonik Busur Banda

Geologi Timor yang kompleks adalah akibat dari tumbukan Lempeng Australia bagian barat laut dengan Busur Kepulauan Banda sehingga kerak Benua Australia menunjam di bawah busur kepulauan dengan arah kecondongan ke utara (Gambar 2.11). Peristiwa tumbukan tersebut diperkirakan terjadi pada umur Miosen Akhir. Tumbukan awalnya terjadi di bagian tengah Timor dan kemudian berpindah ke arah baratdaya dengan kecepatan sekitar 110 km/Ma (Harris, 1991).

Setelah proses tumbukan tersebut, terjadi obduksi dari lempeng Busur Banda ke atas batas pasif lempeng benua Australia. Ini menyebabkan endapan Banda Allochthon muncul di kerak muka busur sehingga menutupi endapan benua Australia yang berumur Perm-Trias (Gambar 2.12). Peristiwa tumbukan tersebut berlangsung hingga sekarang sehingga batuan yang berumur pra Pleistosen terlipat dan tersesarkan. Kegiatan tektonik yang berlangsung hingga sekarang tercerikan oleh adanya kegempaan aktif, terobosan diapir lempung (mud diapir), serta pengangkatan dan penurunan tekak.



Gambar 2.121. Penampang Skematik Utara Baratlaut – Selatan Tenggara dari Busur Banda (Audley-Charles, 1988 op cit Hall & Wilson, 2000)



Gambar 2.112. Tektonik Tumbukan di Timor (Jacobson, 1992 op cit Sawyer dkk., 1993)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Data dan Perangkat Lunak

3.1.1 Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data sekunder, yakni melakukan analisis data yang sudah ada dan di lanjutkan dengan ke pengolahan data. Data yang digunakan adalah data magnetik dengan ekstensi file .GEA dan juga data gempa bulan November 2016 hingga Maret 2017

3.1.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan trend harian dan amplitudo magnetik digunakan software *MATLAB* 2014a dengan menggunakan program *Analisa_Trend_Harian_Magnetbumi* dan *Analisa_Magdas_stasiun_Rev_24jam*. Untuk memetakan gempa menggunakan software google earth dan untuk mencari persamaan linier menggunakan software minitab.

3.2 Metodologi Penelitian

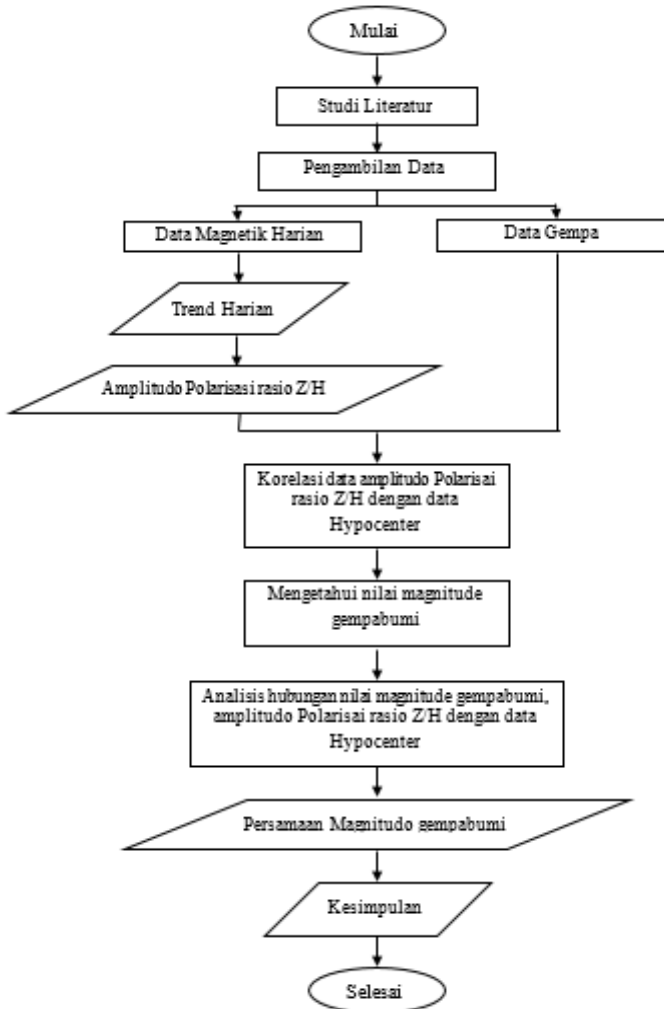
3.2.1 Diagram Alir

Ketika dimulainya penelitian ini, studi literature dilakukan terlebih dahulu agar penelitian yang akan dilakukan, dimengerti oleh penulis. Setelah dilakukannya studi literature, hal yang dilakukan selanjutnya adalah pengambilan data yang mana data tersebut sudah tersedia di BMKG Pusat divisi Geofisika Potensial dan Tanda Waktu. Data yang diterima oleh penulis merupakan data magnetik harian yang diakuisisi di Stasiun BMKG Kupang dan data gempa dengan radius 300 Km dari Stasiun BMKG Kupang selama lima bulan dimulai dari November 2016 hingga Maret 2017. Setelah data dikumpulkan, kemudian pengolahan data pun dimulai.

Data harian magnetik diolah dengan menggunakan Software MATLAB dengan menggunakan program *Analisa_Trend_Harian_Magnetbumi* untuk mendapatkan trend harian magnetic dalam kurun waktu satu bulan. Setelah mendapatkan trend harian dalam satu bulan, selanjutnya trend harian tersebut diolah dengan program *Analisa_Magdas_stasiun_Rev_24jam* untuk mendapatkan Amplitudo polarisasi rasio Z/H , nilai Azimuth, dan analisa spektrum.

Setelah mendapatkan Amplitudo polarisasi rasio Z/H , nilai Azimuth, dan analisa spektrum, selanjutnya data tersebut dikorelasikan dengan data gempa. Ada beberapa analisa yang dilakukan yaitu menentukan azimuth pada tiap event gempa, kemudian azimuth yang telah dipilih di cek data spektrumnya untuk memastikan apakah azimuth yang dipilih valid atau tidak dikarenakan data spektrum yang digunakan tidak semuanya dapat digunakan. Apabila data

spektrum yang digunakan sudah tepat maka dilanjutkan dengan menganalisa polarsasi Z/H dengan data DST untuk memastikan apakah anomali yang timbul benar-benar berasal dari dalam atau diakibatkan oleh badai magnetik. Apabila sudah dapat dipastikan apabila anomali tersebut berasal dari dalam maka anomali tersebut adalah sebuah prekursor dari gempa tersebut. Setelah mengetahui hubungan antara setiap data, kita dapat menganalisis data-data tersebut untuk mendapatkan persamaan magnitudo gempabumi.



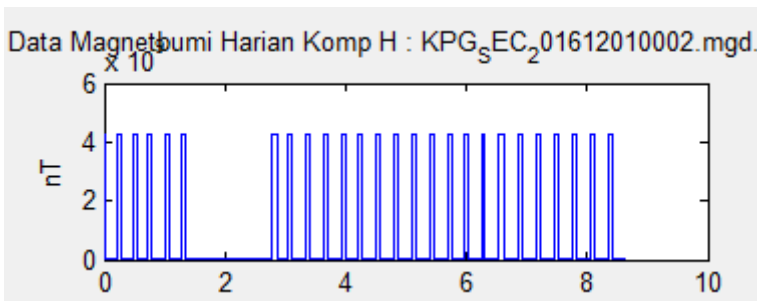
Gambar 13.1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV PEMBAHASAN

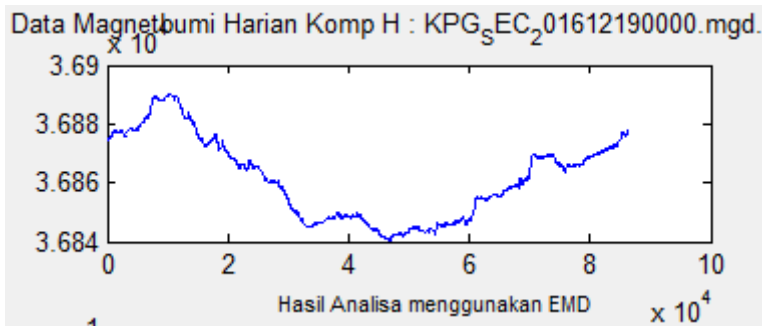
4.1 Trend Magnetik Harian

Trend harian magnetik digunakan sebagai acuan trend harian dalam satu bulan. Untuk mendapatkan trend harian magnetik tersebut kita olah data rekaman magnetik harian dengan software MATLAB program *Analisa_Trend_Harian_Magnetbumi*.

Dalam memilih data yang akan diolah, kita harus memilih data yang tepat. Data yang tepat disini adalah data magnetik yang ketika perekamannya tidak ada yang error sehingga ketika data ditampilkan akan berbentuk trend. Dapat dilihat pada Gambar 4.2:

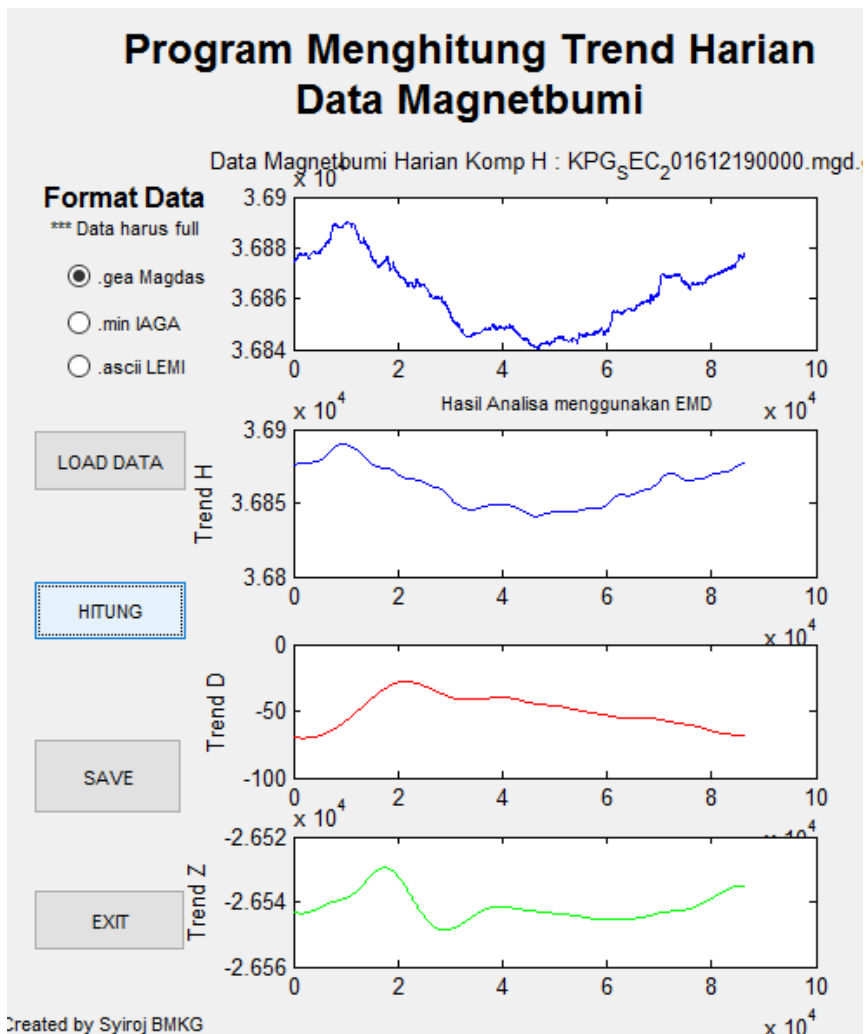


Gambar 14.1. Data saat perekaman error



Gambar 4.2. Data saat perekaman tidak error

Setelah mendapatkan data yang tepat, kemudian data diolah untuk mendapatkan trend harian yang terdiri dari trend D, trend H dan trend Z seperti Gambar 4.3

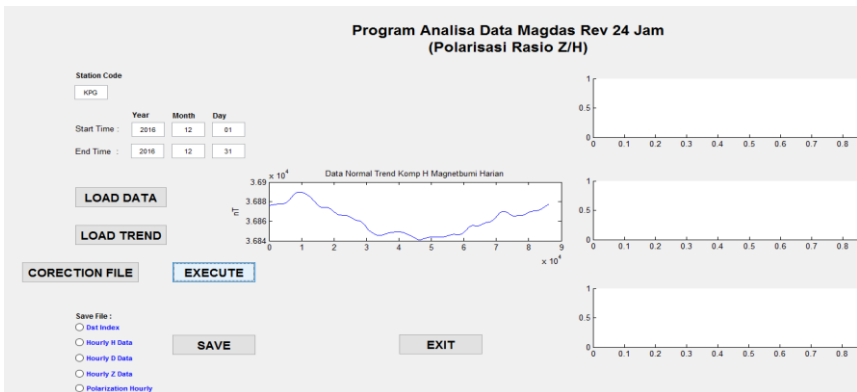


Gambar 4.3. Hasil pengolahan trend harian magnetik

Setelah data diolah, kemudian data di save. Data trend harian magnetik ini akan diolah kembali sehingga menjadi data amplitudo polarisasi Z/H

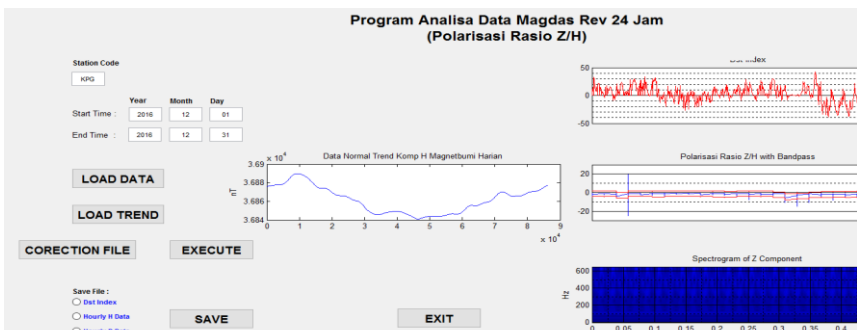
4.2 Amplitudo Polarisasi Z/H

Amplitudo polarisasi Z/H digunakan sebagai pengacu utama untuk menentukan prekursor gempa bumi. Untuk mendapatkan amplitudo polarisasi Z/H, yang dilakukan pertama adalah memasukkan data magnetik harian dalam satu bulan dan trend harian magnetik yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya pada software MATLAB program *Analisa_Magdas_stasiun_Rev_24jam*. Seperti gambar berikut



Gambar 4.4. Pemasukkan data magnetik harian selama 1 bulan dan trend harian magnetik

Setelah dimasukkan, data-data tersebut di koreksi terlebih dahulu kemudian diolah dan tampilannya seperti berikut

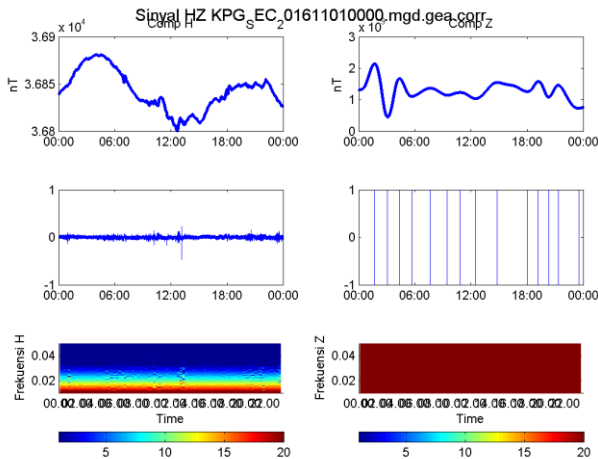


Gambar 4.5. Hasil pengolahan data magnetik selama 1 bulan dan trend harian magnetik

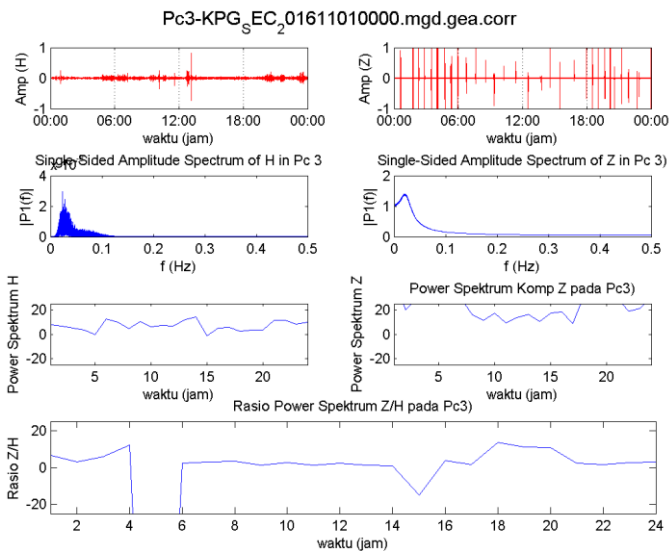
Setelah data selesai diolah, ada tiga data yang didapat dari pengolahan ini yaitu data polarisasi Z/H, data spektrum dan nilai azimuth.

4.2.1 *Spektrum*

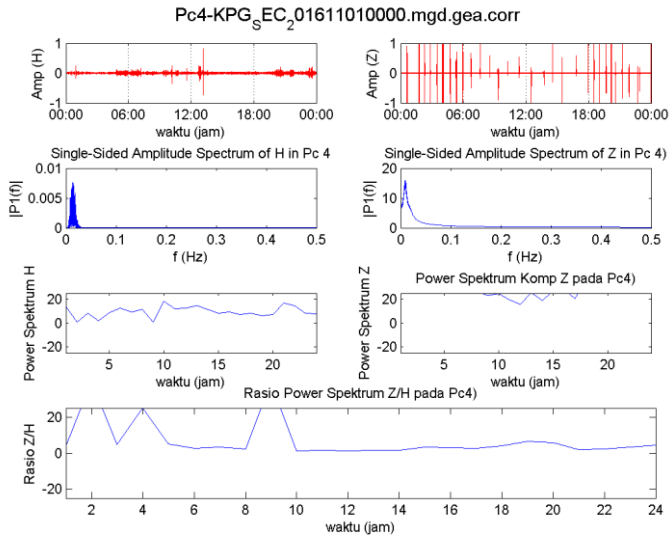
Spektrum yan didapat merepresentasikan data yang diolah perhari dan terdapat 3 spektrum pada tiap harinya seperti gambar berikut



Gambar 4.6. Spektrum 1 pada tanggal 1 November 2016



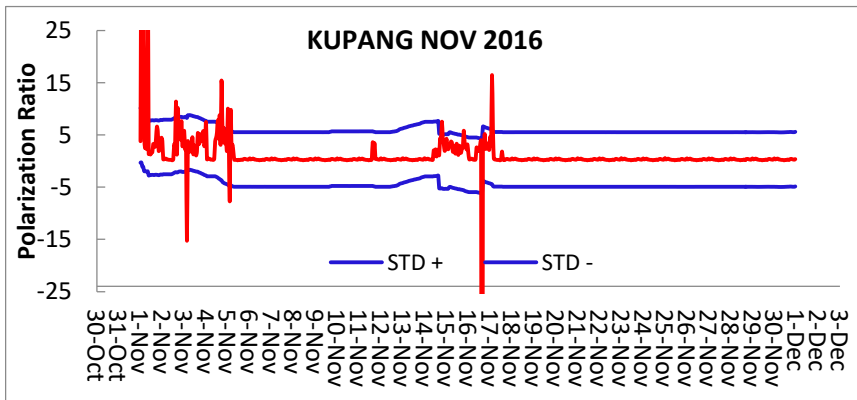
Gambar 4.7. Spektrum 2 pada tanggal 1 November 2016



Gambar 4.8. Spektrum 3 pada tanggal 1 November 2016

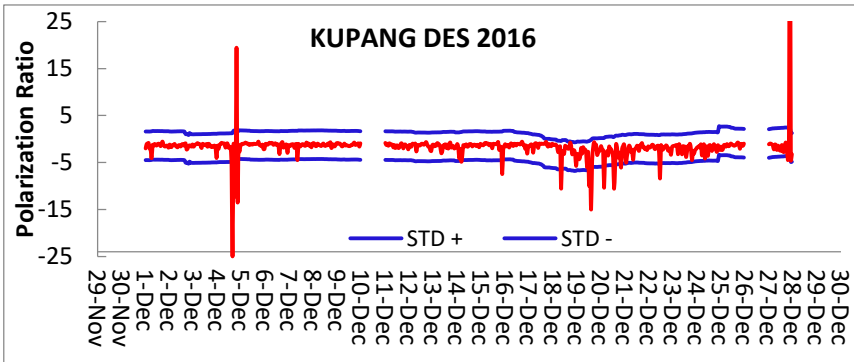
4.2.2 *Polarisasi Z/H*

Data polarisasi Z/H yang didapatkan dari hasil pengolahan dibuat grafiknya seperti gambar berikut

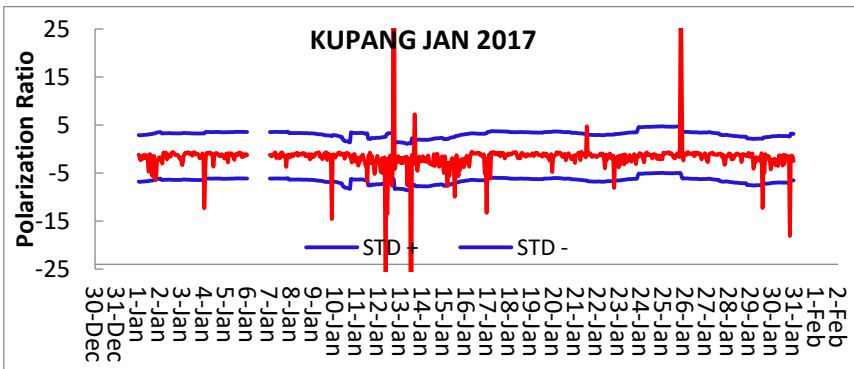


Gambar 4.9. Polarisasi Z/H November 2016

Gambar 4.9 merupakan polarisasi Z/H pada bulan November 2016 dimana terlihat bahwa terdapat anomali magnetik pada tanggal 1, 2, 3, 5, 15, 16, dan 17. Dapat disebut anomali dikarenakan nilai polarisasi Z/H melebihi batas standar defiasi. Akan tetapi anomali-anomali tersebut belum tentu sebuah prekursor gempa karena masih ada faktor-faktor lainnya untuk meyakinkan bahwa anomali tersebut merupakan sebuah prekursor.



Gambar 4.10. Polarisasi Z/H Desember 2016

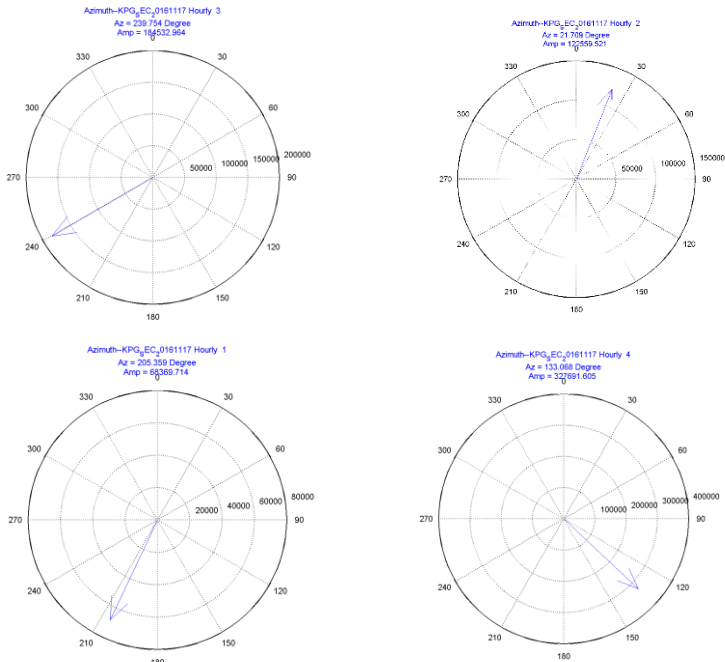


Gambar 4.11. Polarisasi Z/H Januari 2017

Gambar 4.10 merupakan polarisasi Z/H pada bulan Desember 2016 dimana terlihat bahwa terdapat anomali magnetik pada tanggal 4, 15, 18, 19, 20, 22, dan 27. Gambar 4.11 merupakan polarisasi Z/H pada bulan Januari 2017 dimana terlihat bahwa terdapat anomali magnetik pada tanggal 4, 9, 12, 15, 16, 21, 22, 25, 29 dan 30. Pada gambar 4.10 dan 4.11 terlihat seperti grafik terputus, hal ini dikarenakan pada tanggal tersebut data yang didapat rusak sehingga tidak dapat diolah dan tidak dapat ditampilkan pada grafik.

4.2.3 Nilai Azimuth

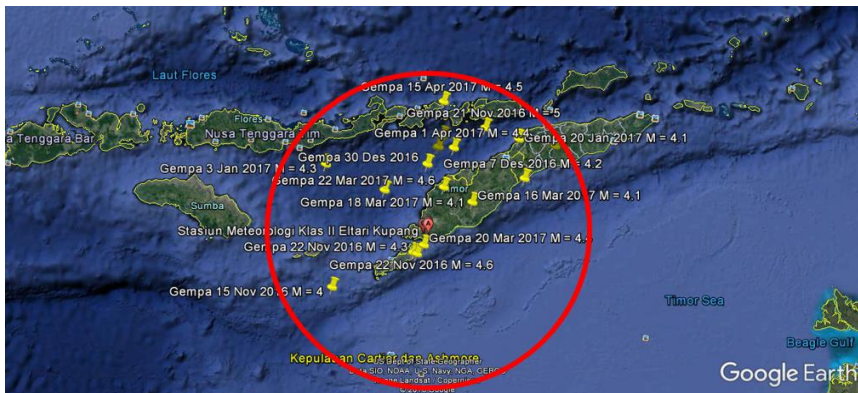
Nilai Azimuth akan didapatkan apabila nilai Z/H lebih besar dari pada nilai standar defiasi. Sehingga memungkinkan saja bila dalam 1 hari terdapat beberapa nilai azimuth.



Gambar 4.12. Nilai azimuth pada tanggal 17 November 2016

4.3 Pemetaan Event Gempabumi

Setelah Data polarisas Z/H didapatkan selanjutnya yang dilakukan adalah memetakan event-event gempa yang akan diteliti. Pemetaan even-event gempa ini dilakukan dengan menggunakan software Google Earth. Dengan memasukkan nilai longitude dan latitude tiap event gempa yang datanya sudah didapat dari BMKG. Peta event Gempa yang akan diteliti dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Peta persebaran gempa

Dari Gambar 4.13 kita dapat mengetahui bahwa terdapat 17 event gempabumi yang diteliti dengan lingkup 300 km dari stasiun pengamatan Kupang dengan besarnya magnitudo lebih dari 4 M. Data event Gempa sesuai dengan Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data event gempabumi

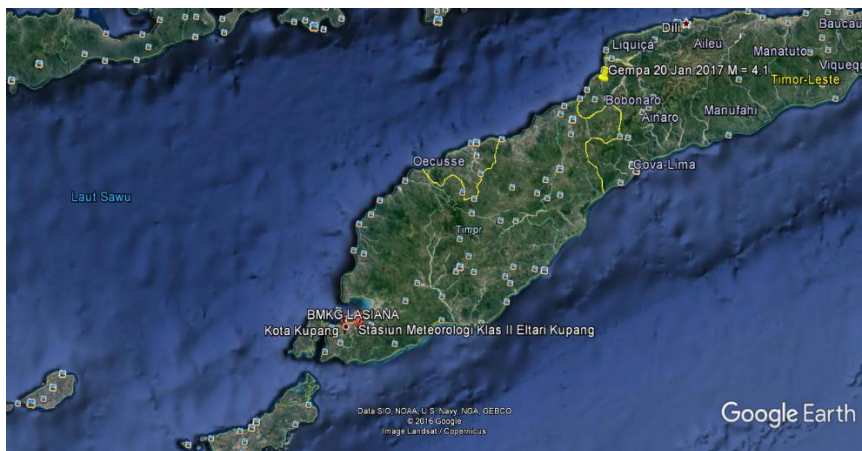
Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag
15/11/2016	22:43:19	-11.25	122.09	20	4
21/11/2016	10:34:06	-8.71	124.54	10	5
22/11/2016	18:56:16	-10.72	123.45	13	4.3
22/11/2016	19:51:32	-10.7	123.39	18	4.6
07/12/2016	00:30:39	-9.52	125.16	19	4.2
11/12/2016	19:54:18	-9.01	123.8	19	4
15/12/2016	15:34:57	-9.02	123.78	10	4
05/01/2017	00:16:33	-9	125.65	10	4
20/01/2017	17:40:30	-8.89	125.07	10	4.1
30/01/2017	09:39:27	-9.28	122.01	42	4.3
21/02/2017	07:37:06	-8.84	123.86	133	4
16/03/2017	04:53:15	-9.9	124.33	10	4.1
18/03/2017	19:33:12	-9.7	122.94	10	4.1

20/03/2017	14:45:49	-10.58	123.56	75	4.4
22/03/2017	04:45:06	-9.66	123.88	69	4.6
01/04/2017	02:05:33	-9.03	124.04	103	4.4
15/04/2017	09:28:81	-8.29	123.88	169	4.5

4.4 Analisa Data dan Pembahasan

4.4.1 Penentuan Azimuth Setiap Event Gempa

Dalam menentukan azimuth pada suatu event gempa terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi, yakni pertama azimuth yang dipilih harus mengarah ke letak even gempa terjadi dimana titik awalnya adalah stasiun pengamatan. Kedua, azimuth yang dipilih harus dalam rentan 30 hari sebelum event gempa terjadi. Ketiga ketika dilihat nilai polarisasi Z/H, harus melebihi nilai standar deviasi pada bulan tersebut, sebab nilai azimuth akan muncul ketika nilai polarisasi Z/H telah melebihi dari 2.

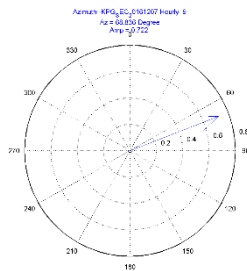


Gambar 4.14. Peta Titik Event Gempa 5 Januari 2017

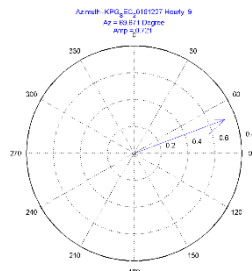
Ketika suatu azimuth telah memenuhi ketiga persyaratan tersebut, dapat dikatakan bahwa azimuth tersebutlah yang berkemungkinan besar menjadi azimuth dari event gempa tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.14 dimana event gempa terjadi pada tanggal 5 Januari 2017. Sehingga kita harus mencari azimuth yang mengarah ke event gempa dalam kurun waktu 30 hari sebelum 5 Januari yakni dimulai dari tanggal 6 Desember dan harus melebihi dari nilai standar deviasi pada bulannya. Penulis memilih 4 azimuth yang sesuai dengan ketiga kriteria tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data pertimbangan penulis dalam menentukan Azimuth

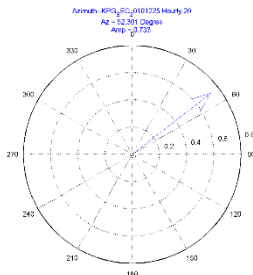
Event Gempa	Bulan	Tanggal	Jam	Azimuth	Z/H	STD
05-Jan	12	7	9	68.836	4.487	1.895747
	12	23	21	54.765	2.574	
	12	25	20	52.301	2.074	
	12	27	9	69.671	2.324	



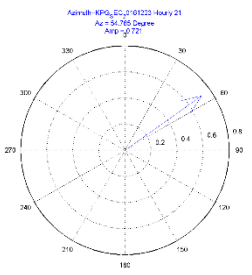
(a)



(b)



(c)

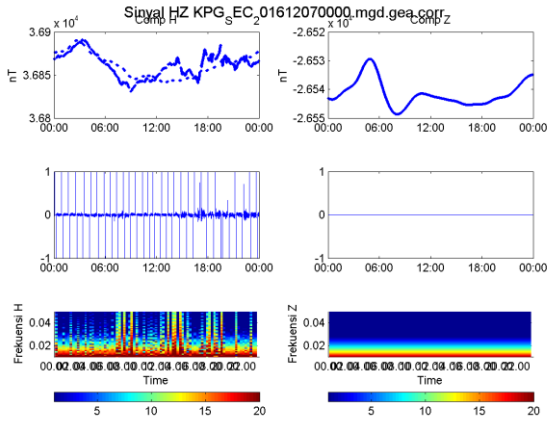


(d)

Gambar 4.15. Azimuth 7 Desember (a), Azimuth 27 Desember (b), Azimuth 25 Desember (c), Azimuth 23 Desember (d)

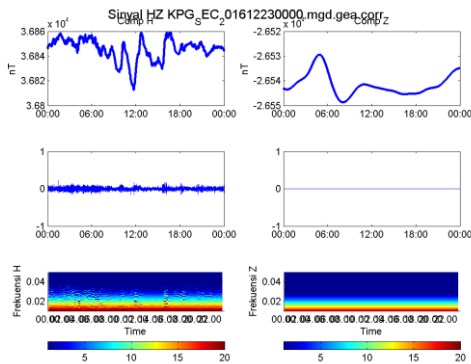
4.4.2 Analisa Azimuth dengan Data Spektrum

Setelah dipilihnya beberapa azimuth, selanjutnya azimuth tersebut diseleksi kembali dengan melihat kembali data spektrum. Apabila data spektrum tersebut kurang baik maka akan timbul kemungkinan adanya error dalam mengeluarkan nilai azimuth pada tanggal tersebut.



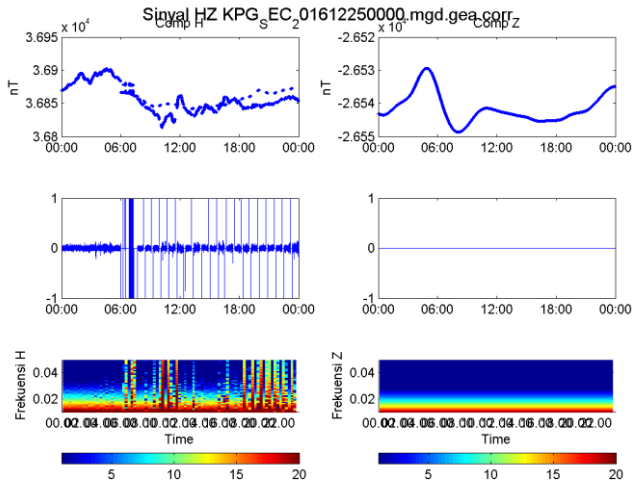
Gambar 4.16. Data spektrum 7 Desember 2016

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa data spektrum tanggal 7 Desember tidak baik untuk digunakan sehingga secara tidak langsung azimuth pada tanggal 7 Desember tereleminasi.



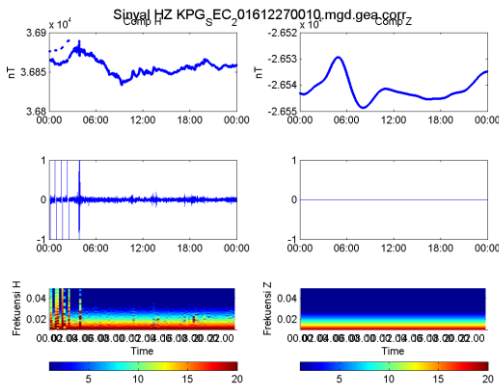
Gambar 4.17. Data spektrum 23 Desember 2016

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa data spektrum tanggal 23 Desember tidak ada masalah sehingga azimuth pada tanggal 23 Desember dapat diperhitungkan sebagai azimuth untuk event gempa 5 Januari 2017.



Gambar 4.18. Data Spektrum 25 Desember 2016

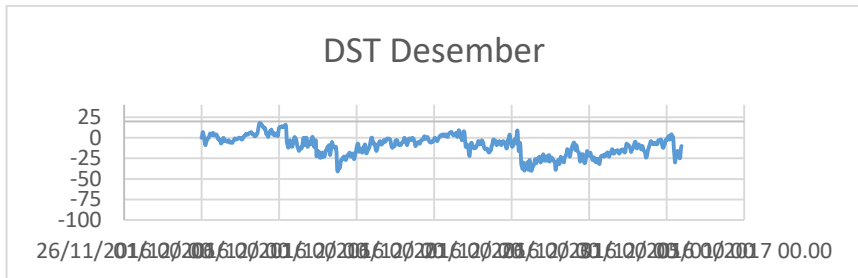
Dari Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa data spektrum tanggal 25 Desember tidak baik untuk digunakan sehingga secara tidak langsung azimuth pada tanggal 25 Desember tereliminasi.



Gambar 4.19. Data Spektrum 27 Desember 2016

Dari Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa data spektrum tanggal 23 Desember terdapat error dari pukul 00.00 hingga kurang lebih pukul 05.00, apabila nilai azimuth keluar pada rentan waktu 00.00 hingga 05.00, nilai azimuth diabaikan. Dikarenakan Azimuth yang digunakan pada tanggal 27 Desember ini adalah pukul 09.00, tidak masalah untuk digunakan sehingga azimuth pada tanggal 27 Desember dapat diperhitungkan sebagai azimuth untuk event gempa 5 Januari 2017.

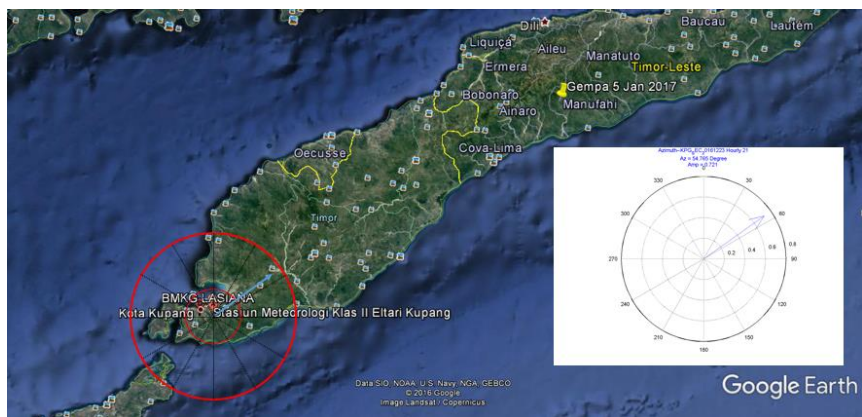
4.4.3 Analisa Polarisasi Z/H dengan Data DST



Gambar 4.20. Grafik DST Desember 2016

Selanjutnya nilai polarisasi Z/H dari azimuth yang dipilih di bandingkan dengan data DST. DST dapat dikatakan adanya badai magnetik ketika nilai DST melebihi dari -50. Dikarenakan dari grafik DST tidak menunjukkan adanya aktivitas badai magnetik sehingga kedua azimuth dapat digunakan sebagai prekursor. Akan tetapi, Setiap event gempa hanya memiliki 1 prekursor. Oleh karena itu, untuk menentukannya adalah dengan kembali membandingkan azimuth yang sekiranya paling mengarah ke event gempa.

Penulis pun akhirnya memilih azimuth pada tanggal 23 Desember yang dijadikan sebagai prekursor karena dianggap paling mendekati titik event gempa (Gambar 4.21). Untuk pemilihan prekursor gempa lainnya dapat dilihat pada table 4.3.



Gambar 4.21. Peta Event Gempa 5 Januari yang sudah dipasang azimuth
Tabel 4.3 Prekursor pilihan tiap event gempa

Event Gempa	Bulan	Tgl Anomali	Hourly anomali	Azimuth	Z/H	STD
15-Nov	11	1	4	250.537	25.145	2.056
			5	232.142	5.141	
			23	231.481	3.178	
		2	1	238.63	3.856	
		3	5	229.919	3.668	
		4	11	212.24	3.794	
			24	237.421	2.1	
		14	22	226.005	3.303	
21-Nov	11	1	17	14.39	2.758	2.056
			19	22.464	6.607	
		2	16	14.781	11.421	
			19	18.545	10.192	
		3	12	20.413	2.964	
			19	17.289	5.177	

			23	26.004	3.589	
			24	24.125	7.505	
		11	16	25.007	3.635	
		15	21	32.361	3.302	
		16	24	32.925	2.207	
		17	2	21.709	3.091	
22-Nov	11	1	18	196.441	4.222	2.056
		3	4	195.371	-15.268	
			18	202.747	3.58	
			20	194.144	3.908	
		4	12	205.551	4.452	
		14	13	197.817	2.264	
			24	202.62	2.626	
		16	20	196.623	2.406	
22-Nov	11	14	24	202.62	2.626	2.056
		15	15	209.287	2.961	
			16	209.038	2.064	
07-Des	11	14	16	67.819	2.236	2.056
11-Des	11	16	17	3.746	3.39	2.056
15-Des	11	16	17	3.746	3.39	2.056
05-Jan	12	7	9	68.836	-4.487	1.896
		23	21	54.765	-2.574	
		25	20	52.301	-2.074	
		27	9	69.671	-2.324	

20-Jan	12	23	21	54.765	-2.574	1.896
		25	20	52.301	-2.074	
	1	5	3	42.796	2.788	2.320
		10	23	55.842	2.613	
30-Jan	1	1	11	294.776	2.631	2.320
		20	21	298.552	2.08	
21-Feb	1	22	8	12.531	2.167	2.320
	2	9	20	4.573	-2.192	2.260
		13	17	15.39	-5.231	
		15	2	23.693	-3.621	
		16	8	13.253	-8.06	
		19	12	23.852	-3.109	
16-Mar	2	15	12	63.933	-2.63	2.260
		16	5	62.079	-2.175	
		25	11	73.008	-2.232	
	3	3	18	69.532	-2.419	2.257
		14	12	71.233	-3.636	
18-Mar	2	18	19	311.092	-1.635	2.260
	3	8	24	307.796	-2.996	2.257
		12	11	301.747	-4.261	
		15	2	305.62	-2.828	
20-Mar	2	18	9	193.202	-2.502	2.2603 95
			17	196.178	-2.256	
		19	19	194.135	-3.624	
	3	5	21	189.6	-2.223	2.2573
		11	11	181.065	-2.755	32

		14	21	188.977	-3.457	
		15	3	184.568	-2.553	
			13	182.632	-21.346	
		17	12	187.256	-3.225	
			14	199.225	-3.111	
			15	193.302	-2.055	
			16	195.43	-3.629	
			17	188.926	-3.339	
			18	193.212	-3.26	
		19	2	191.054	8.365	
22-Mar	2	27	14	30.348	5.108	2.2603 95
	3	10	17	23.019	-2.094	2.2573 32
		16	16	22.823	-3.212	
		19	3	29	-5.847	
		20	17	25.908	-3.031	
01-Apr	3	10	17	23.019	-2.094	2.2573 32
		16	16	22.823	-3.212	
		19	3	29	-5.847	
		20	17	25.908	-3.031	
		26	16	18.309	-1.754	
15-Apr	3	16	7	9.735	-3.3	2.2573 32
		18	16	9.302	-3.601	
			18	5.989	-8.648	

4.4.4 Penentuan Persamaan Magnitudo Gempabumi

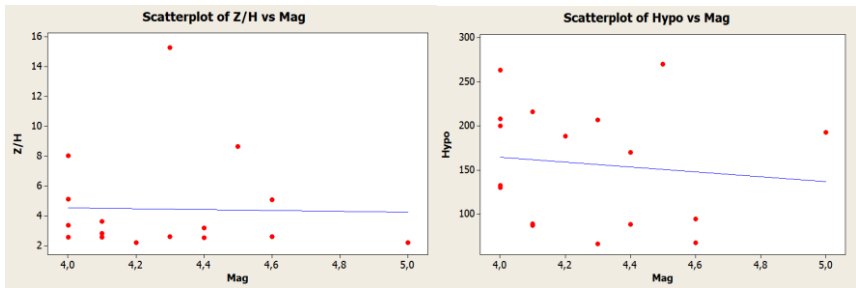
Kini sudah diketahui prekursor gempabumi dari setiap event gempa yang diteliti, sehingga dapat ditentukan polarisasi Z/H, jarak *hypocenter*, dan magnitudo setiap event gempa (Tabel 4.4). Yang mana nilai polarisasi Z/H bisa

didapatkan dari pengolahan data, sedangkan jarak *hypocenter* serta magnitudo didapatkan dari data event gempabumi.

Tabel 4.4 Nilai polarisasi Z/H, *hypocenter*, dan Magnitudo

Event	Z/H	Hypo	Mag
15-Nov	5.141	208.1363	4
21-Nov	2.207	192.6533	5
22-Nov	15.268	66.1432	4 . 3
22-Nov	2.626	67.1756	4 . 6
07-Des	2.236	188.6528	4 . 2
11-Des	3.39	132.328	4
15-Des	3.39	130.1505	4
05-Jan	2.574	263.3989	4
20-Jan	2.574	215.8952	4 . 1
30-Jan	2.631	206.9876	4 . 3
21-Feb	8.06	199.9932	4
16-Mar	3.636	86.88821	4 . 1
18-Mar	2.828	88.71197	4 . 1
20-Mar	2.553	88.56202	4 . 4
22-Mar	5.108	94.21303	4 . 6
01-Apr	3.212	170.3369	4 . 4
15-Apr	8.648	270.3379	4 . 5

Data pada Tabel 4.4 dianalisa secara statistik untuk menentukan persamaan regresi linier magnitudo gempabumi dengan menggunakan software minitab. Saat diolah pertama kali dihasilkan sebuah persamaan regresi linier akan tetapi persamaan tersebut tidak signifikan. Persamaan dapat dikatakan signifikan apabila *P value* dari persamaan tersebut mendekati nol dan tidak melebihi dari 0,05. Dikarenakan hasil persamaan tidak signifikan, diolah kembali akan tetapi dilakukan penyeleksian data kembali dengan mengeleminasi data yang dianggap tidak selaras dengan data lainnya dengan melihat *scatterplot* seperti gambar 4.22.



Gambar 4.22. Scatterplot Z/H vs Magnitudo dan $Hypocenter$ vs Magnitudo

Setelah diseleksi didapatkan 9 data yang lanjut ke pengolahan untuk mendapatkan persamaan regresi linier magnitudo dan didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$Mag = 4,36 + 0,0805 \frac{Z}{H} - 0,00201 Hypo$$

Akan tetapi meskipun persamaan tersebut sudah signifikan dengan error selisih hasil ± 0.3 M, dikarenakan ketika digunakan data $M=5$ hasil yang didapatkan sangatlah jauh dari $M=5$. Hal ini dikarenakan dalam ditentukannya persamaan, data yang digunakan hanya dalam lingkup $M=4$.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan persamaan magnitudo masih belum bisa diterapkan pada daerah Kupang dengan nilai magnitudo diatas 4 M. Namun tidak menutup kemungkinan metode ini dapat diterapkan, hanya saja pada penelitian ini terhalang keterbatasan data sehingga tidak dapat dilanjutkan kembali.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Persamaan dirasa kurang tepat dikarenakan tidak dapat digunakan pada data magnitudo yang nilai $M > 4$.
2. Persamaan magnitudo gempabumi masih belum bisa diterapkan pada daerah Kupang dengan nilai magnitudo diatas 4M

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dalam penentuan persamaan magnitudo sebaiknya pengolahan dimulai dengan menggunakan data gempa yang nilai magnitudo lebih dari 5 M.
2. Data yang diteliti sebaiknya lebih dari satu tahun baik data magnetik maupun data gempa hingga bisa didapatkan hasil yang lebih meyakinkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

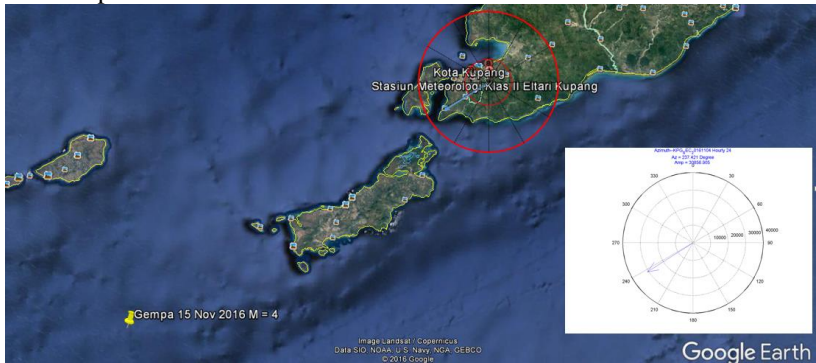
DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. (2009). Gempa dirasakan. http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/Gempa_Dirasakan.bmkg. [Diakses 10 Januari 2017].
- BMKG. (2012). Katalog gempabumi. Jakarta: BMKG. Retrieved from <http://repogempa.bmkg.go.id/>. [Diakses 10 Januari 2017].
- Chi, P.J., Russell, C.T., Lee, G., Hughes, W.J., Singer, H.J., 1996. A synoptic study of Pc 3,4 waves using the Air Force Geophysics Laboratory magnetometer array. *J. Geophys. Res.* 101, 13215-13224.
- Djoko Santoso. 2002. Pengantar Teknik Geofisika. Bandung: ITB.
- Fenoglio, M.A., Johnston, M.J.S., Byerlee, J.D., 1995. Magnetic and electric fields associated with changes in high pore pressure in fault zones: Application to the Loma Prieta ULF emissions. *J. Geophys. Res.* 100 (B7), 12951-12958.
- Hattori, K., A. Serita, C. Yoshino, M. Hayakawa and N. Isezaki. (2006). Singular Spectral analysis and principal component analysis for signal discrimination of ULF geomagnetic data associated with 2000 Izu Island Earthquake Swarm. *Physics dan Chemistry of the Earth*. 31, 281-291.
- Hayakawa, M., Hattori, K., and Ohta, K.: Monitoring of ULF (ultralow-frequency) geomagnetic variations associated with earthquakes, *Sensors*, 7, 1108–1122, 2007.
- Ibrahim, G., S. Ahadi dan S. Saroso. (2012). Karakteristik Sinyal Emisi ULF yang Berhubungan dengan Prekursor Gempa bumi di Sumatera, Studi Kasus: Gempa bumi Padang 2009 dan Gempa bumi Mentawai 2010. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol 13. No. 2. 81-89.
- Jouniaux, L., Pozzi, J.P., 1995. Streaming potential and permeability of saturated sandstones under triaxial stress: Consequences for electrotelluric anomalies prior to EQs. *J. Geophys. Res.* 100, 10197-10209.

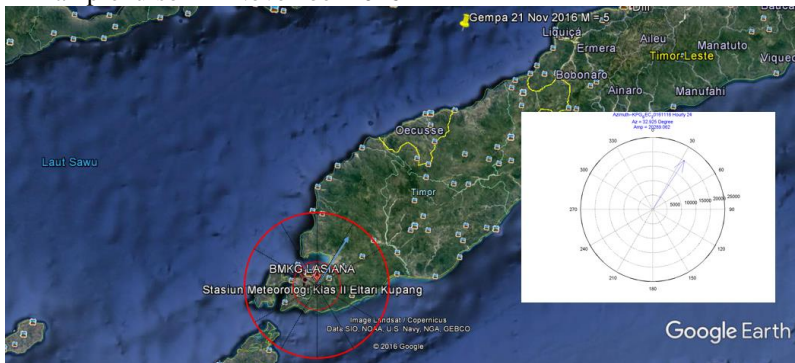
- Merzer, M., Klemperer, S.L., 1997. Modeling low-frequency magnetic-field precursors to the Loma Prieta earthquake with a precursory increase in fault- zone conductivity. *Pure Appl. Geophys.* 150, 217-248.
- Mizutani, H., Ishido, T., Yokokura, T., Ohnishi, S., 1976. Electrokinetic phenomena associated with earthquakes. *Geophys. Res. Lett.* 3, 365-368.
- Moch Munir. *Geologi Lingkungan*. BAYUMEDIA.
- Molchanov, O.A., Kulchitsky, A.V., Hayakawa, M., 2002. Inductive seismo- electromagnetic effect in relation to seismogenic ULF emission. In: Hayakawa, M., Molchanov, O.A. (Eds.), *Seismo Electromagnetics (Lithosphere- Atmosphere-Ionosphere Coupling)*. TERRAPUB, Tokyo, pp. 153-162
- Molchanov, O.A., Hayakawa, M., 1995. Generation of ULF electromagnetic emissions by microfracturing. *Geophys. Res. Lett.* 22, 3091-3094.
- Santoso, D., & Hendrajaya, L., 1977. Penelitian Magnet dan Gayaberat serta Aspeknya. *Majalah Survey & Pemetaan*, No. 8/11/1977.
- Yumoto, K., 1986. Generation and propagation mechanisms of low-latitude magnetic pulsations - A review. *J. Geophys.* 60, 79-105.

LAMPIRAN

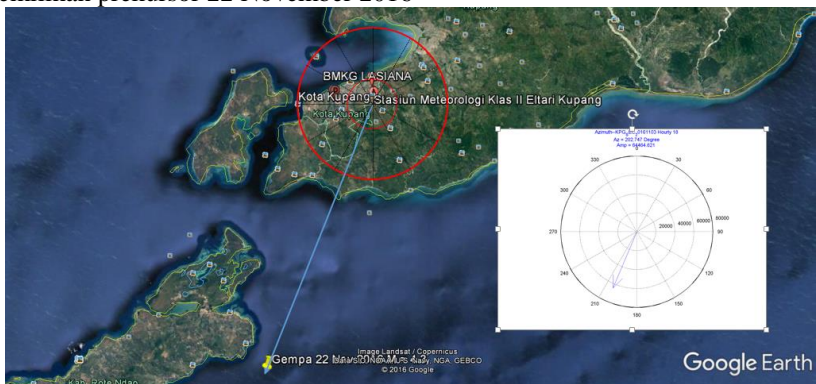
Pemilihan prekursor 15 November 2016



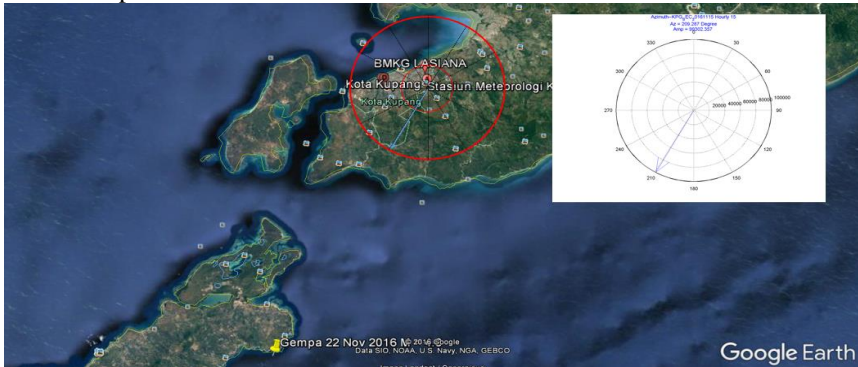
Pemilihan prekursor 21 November 2016



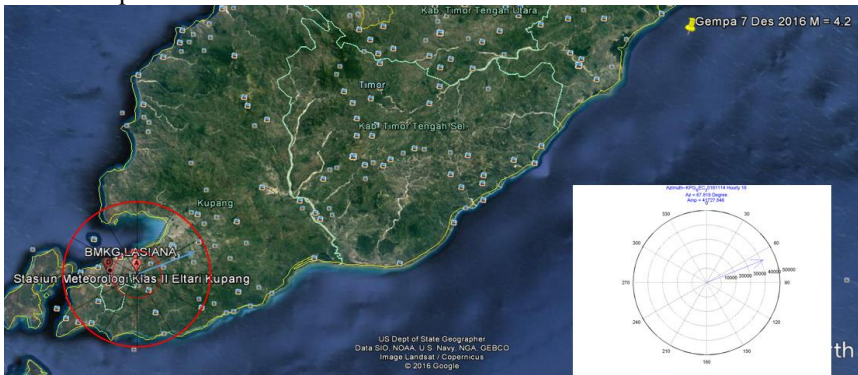
Pemilihan prekursor 22 November 2016



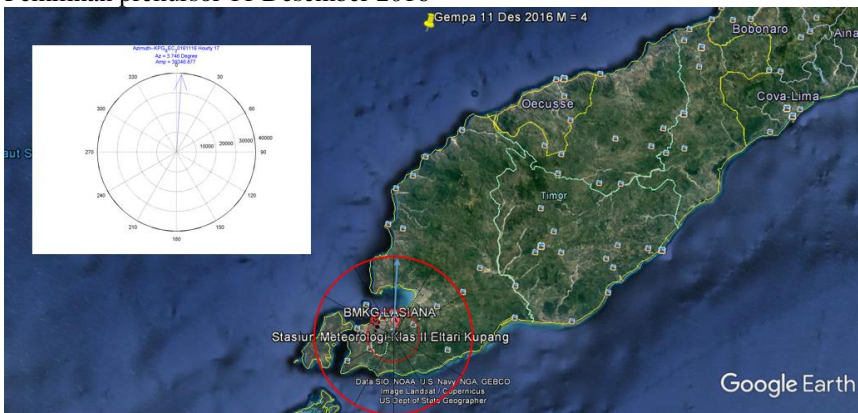
Pemilihan prekursor 22 November 2016



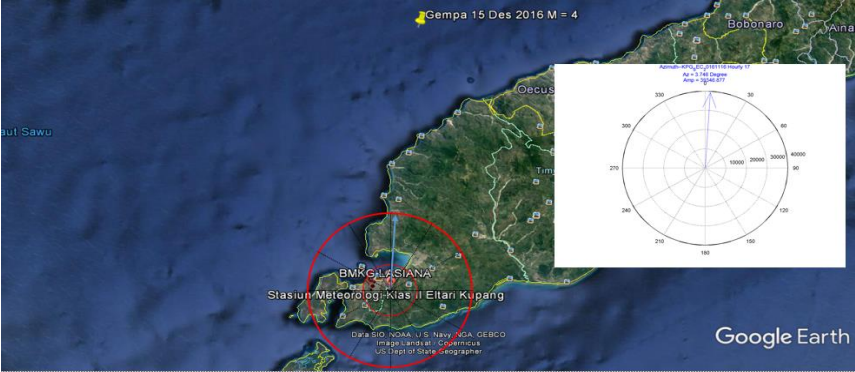
Pemilihan prekursor 7 Desember 2016



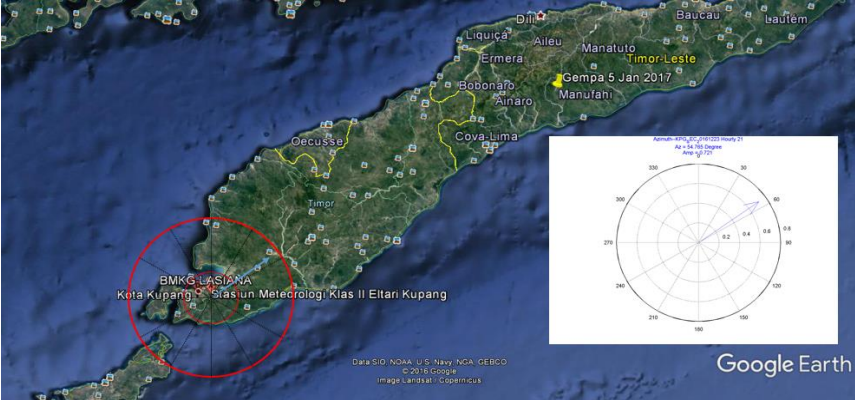
Pemilihan prekursor 11 Desember 2016



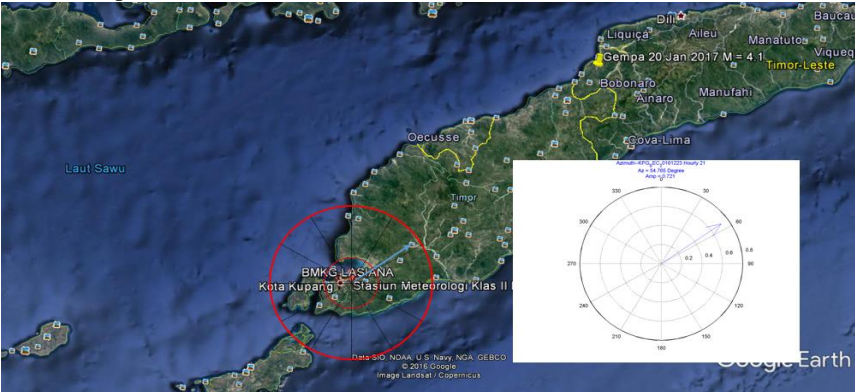
Pemilihan prekursor 15 Desember 2016



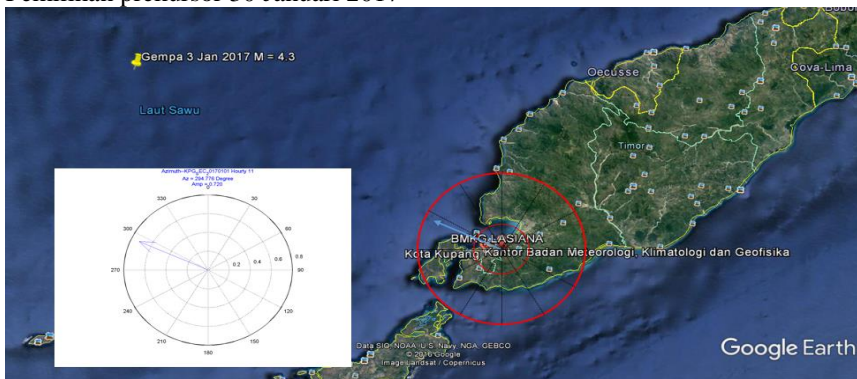
Pemilihan prekursor 5 Januari 2017



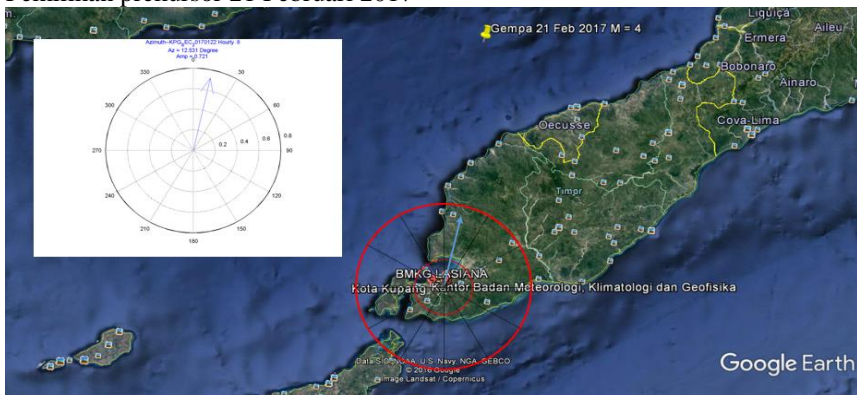
Pemilihan prekursor 20 Januari 2017



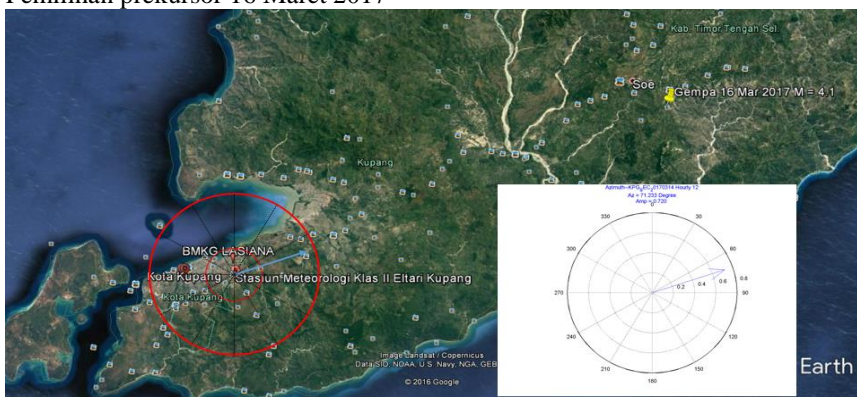
Pemilihan prekursor 30 Januari 2017



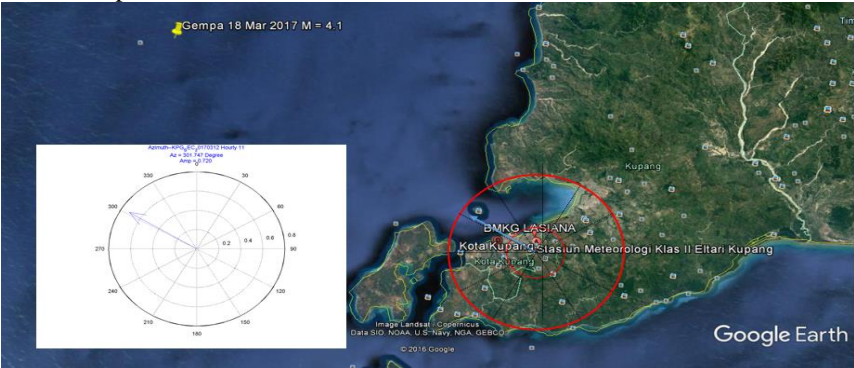
Pemilihan prekursor 21 Februari 2017



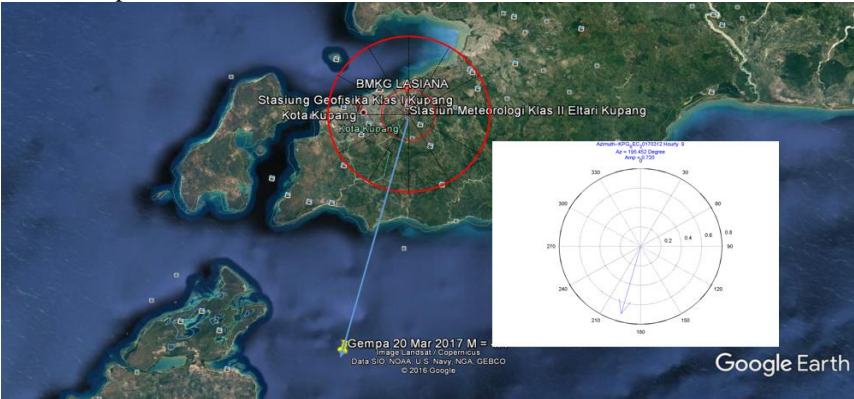
Pemilihan prekursor 16 Maret 2017



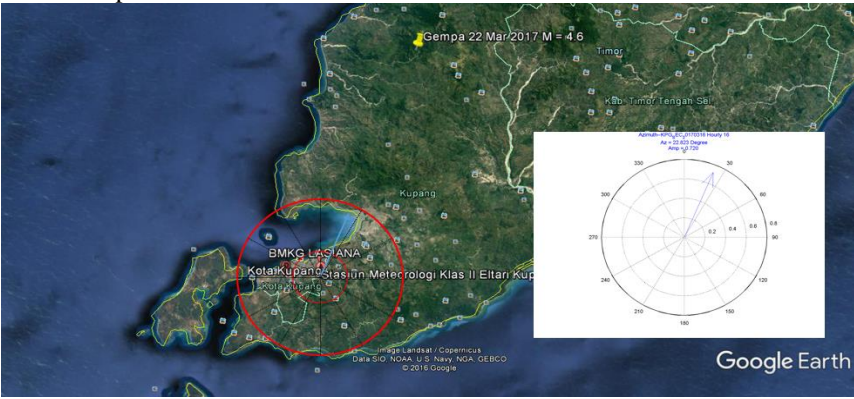
Pemilihan prekursor 18 Maret 2017



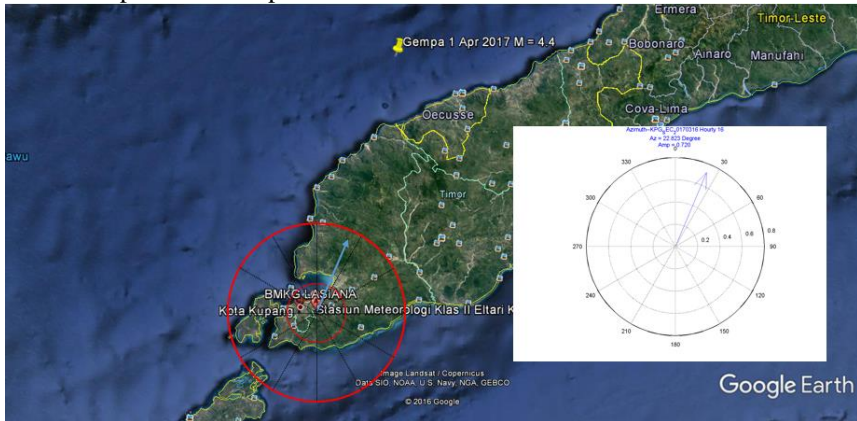
Pemilihan prekursor 20 Maret 2017



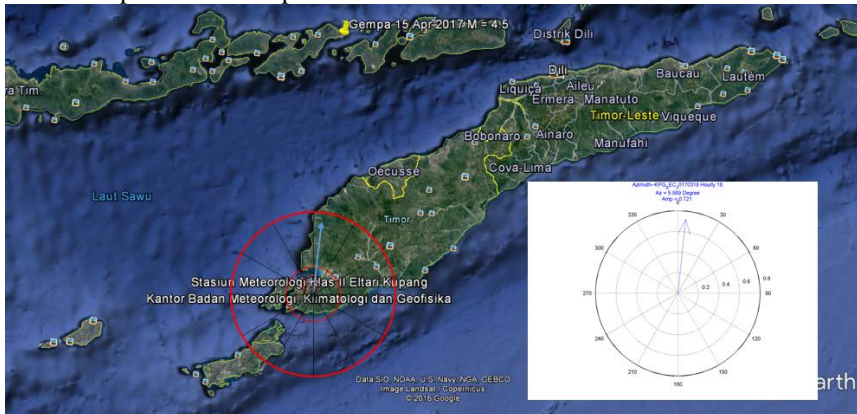
Pemilihan prekursor 22 Maret 2017



Pemilihan prekursor 1 April 2017



Pemilihan prekursor 15 April 2017



File Azimuth dan Spektrum dapat dilihat pada link berikut :

<https://intip.in/LampiranTugasAkhirAdhitamaRachman>

Tabel hasil perhitungan magnitudo menggunakan persamaan yang didapat

Event	Z/H	Hypo	Mag	Ramalan	Error
22-Nov	2.626	67.1756	4.6	4.43637	0.16363
07-Des	2.236	188.6528	4.2	4.160806	0.039194
05-Jan	2.574	263.3989	4	4.037775	-0.03778
20-Jan	2.574	215.8952	4.1	4.133258	-0.03326
18-Mar	2.828	88.71197	4.1	4.409343	-0.30934
20-Mar	2.553	88.56202	4.4	4.387507	0.012493
22-Mar	5.108	94.21303	4.6	4.581826	0.018174
01-Apr	3.212	170.3369	4.4	4.276189	0.123811
15-Apr	8.648	270.3379	4.5	4.512785	-0.01278

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PROFIL PENULIS



Adhitama rachman dilahirkan di Jakarta 11 Mei 1995 dari pasangan Bapak H. Mas Agus Setiawan dan Ibu Hj. Popon Suminartiningsih. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai di TK Al-Azhar 6 Cakung (1999-2001), kemudian dilanjutkan di SDI Al-Azhar 19 Sentra Primer hingga 2007. Dilanjutkan di SMPN 115 Jakarta hingga 2010. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMAN 21 Jakarta. Setelah lulus SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama menjadi mahasiswa di ITS, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, diantaranya menjadi Staff Divisi PETROLIDA Society of Petroleum Engineer Student Champther ITS (SPE ITS SC) periode 2014/2015, Kepala Divisi Membership SPE ITS SC periode 2015/2016, Staff Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) periode 2014/2015, Staff Divisi Pelatihan dan Pemetaan HMTG ITS periode 2015/2016, anggota aktif Society of Exploration Geophysicist Student Chapter ITS (SEG ITS SC) periode 2013-2016, menjadi Staff Seksi Konsumsi Petroleum Integrated Days (PETROLIDA 2015), Koordinator Seksi Transportasi dan Akomodasi PETROLIDA 2016 sebuah acara perlombaan yang diadakan oleh SPE ITS SC di bidang migas dengan skala internasional, Koordinator Seksi Transportasi dan Akomodasi Geophysics Atmosphere (GeoSphere) 2016 sebuah acara perlombaan dibidang geofisika yang diadakan oleh HMTG ITS dengan skala nasional. Sebagai penutup, penulis berjanji setelah menjadi lulusan DTG akan bersedia (jika diundang) atau berinisiatif menjadi narasumber pada acara kuliah tamu dengan bahasan terkait Teknik Geofisika di DTG dan menjadi bagian dari Ikatan Alumni Teknik Geofisika ITS. Jika ingin berdiskusi lebih jauh terkait Tugas Akhir atau ingin menghubungi penulis dapat melalui tama.rachman@gmail.com, sekian dan terimakasih.